



TUGAS AKHIR - SF 141501

# ANALISIS PERBANDINGAN KOMPOSISI MATERIAL AKUSTIK SERBUK KULIT KERANG HIJAU (*Perna viridis*) SERTA AGENT FOAM UNTUK PENINGKATAN INSULASI DAN DAYA ABSORPSI BUNYI

Margiasih Putri Liana  
NRP 1111 100 001

Dosen PembimbingI  
Dr. Melania Suweni Muntini, MT.

Dosen PembimbingII  
Susilo Indrawati, M.Si

JurusanFisika  
Fakultas MatematikadanIlmuPengetahuanAlam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabava 2015



TUGAS AKHIR - SF 141501

**ANALISIS PERBANDINGAN KOMPOSISI MATERIAL  
AKUSTIK SERBUK KULIT KERANG HIJAU (*Perna  
viridis*) SERTA AGENT FOAM UNTUK  
PENINGKATAN INSULASI DAN DAYA ABSORPSI  
BUNYI**

Margiasih Putri Liana  
NRP 1111 100 001

Dosen Pembimbing  
Dr. Melania Suweni Muntini, MT.

Dosen PembimbingII  
Susilo Indrawati, M.Si

Jurusan Fisika  
Fakultas MatematikadanIlmuPengetahuanAlam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SF 141501

ANALYSIS OF COMPARATIVE ACOUSTIC MATERIAL FROM  
GREEN MUSSEL SHELL(*Perna viridis*) POWDER AND  
FOAM AGENT COMPOSITION FOR INSULATION AND  
SOUND ABSORPTION POWER IMPROVEMENT

Margiasih Putri Liana  
NRP 1111 100 001

AdvisorI  
Dr. Melania Suweni Muntini, MT.

AdvisorII  
Susilo Indrawati, M.Si

Department of Physics  
Faculty of Mathematics and Natural Science  
Tenth Nopember of Technology Institute  
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SF 141501

# ANALYSIS OF COMPARATIVE ACOUSTIC MATERIAL FROM COMPOSITION POWDER OF GREEN LEATHER SHELL (*Perna viridis*) FOR IMPROVEMENT INSULATION AND ABSORPTION SOUND POWER

Margiasih Putri Liana  
NRP 1111 100 001

Advisor I  
Dr. Melania Suweni Muntini, MT.

Advisor II  
Susilo Indrawati, M.Si

Department of Physics  
Faculty of Mathematics and Natural Science  
Tenth Nopember of Technology Institute  
Surabaya 2015

**ANALISIS PERBANDINGAN KOMPOSISI  
MATERIAL AKUSTIK SERBUK KULIT KERANG  
HIJAU (*Perna viridis*) SERTA AGENT FOAM UNTUK  
PENINGKATAN INSULASI DAN DAYA ABSORPSI  
BUNYI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Bidang Fisika Instrumentasi Akustik  
Program Studi S-1 Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Margiasih Putri Liana**  
NRP 1111100001

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Surabaya, 28 Juli 2015

**Pembimbing I**



**Dr. Melania Suweni Muntini, MT**

NIP. 19641229 199002 2.001

**Pembimbing II**



**Susilo Indrawati, M.Si**

NIP.1100201301001



**ANALISIS PERBANDINGAN KOMPOSISI MATERIAL  
AKUSTIK SERBUK KULIT KERANG HIJAU  
(*Perna viridis*) SERTA AGENT FOAM UNTUK  
PENINGKATAN INSULASI DAN DAYA ABSORPSI  
BUNYI**

**Nama** : Margiasih Putri Liana  
**NRP** : 1111100001  
**Jurusan** : Fisika, FMIPA-ITS  
**Pembimbing I** : Dr. Melania Suweni Muntini, MT  
**Pembimbing II** : Susilo Indrawati, M.Si

**Abstrak**

Dalam ruang lingkup akustik, pemilihan material akustik sangatlah penting untuk menyelesaikan masalah cacat akustik. Gypsum sangat baik dalam menginsulasi bunyi, namun gypsum bersifat reflektif sehingga dapat menyebabkan gema dalam ruang. Pada laporan ini direpresentasikan hasil penelitian tentang pemanfaatan serbuk kerang hijau (*Perna viridis*) sebagai alternatif bahan penginsulasi dan absorber bunyi. Penelitian dilakukan di Laboratorium Akustik Fisika ITS dengan pengujian  $\alpha$  dan TL. Bahan yang dibuat untuk uji  $\alpha$  berdimensi 3cm×3cm dengan ketebalan 12 mm dan divariasikan bahan dengan dan tanpa foam. Sedangkan bahan uji TL berdimensi 60cm×60cm dengan ketebalan 12mm. Variasi prosentase komposisi antara kulit kerang hijau dan gypsum sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Pada bahan 4, dengan komposisi 75% kerang hijau dan 25% gypsum, didapatkan hasil yang paling optimal dalam meningkatkan nilai  $\alpha$  pada frekuensi rendah. Sedangkan pada bahan 5, dengan komposisi kerang hijau 100%, didapatkan hasil yang optimal untuk  $\alpha$  pada frekuensi tinggi. Agent foam 1,2 gram menaikkan ketebalan bahan  $\Delta 4$  mm dan nilai  $\alpha$  sebesar  $\Delta 0,244$ . Dari hasil penelitian, terdapat anomali pada kontur pola TL bahan 2 (75% gypsum dan 25% kerang hijau). Sedangkan kontur STC

terbagi menjadi 3 bagian. Nilai STC tertinggi didapatkan pada bahan 4 sebesar 37dB dengan prosentase kenaikan sebesar 1,42% dan  $\Delta 11$ , sehingga baik sebagai insulator bunyi keras tidak diperjelas. Penambahan material serbuk kulit kerang hijau mampu menjadikan bahan insulator tidak reflektif.

**Kata kunci :** *Serbuk Kerang Hijau (Perna viridis),  $\alpha$ , TL, STC*

# **ANALYSIS OF COMPARATIVE ACOUSTIC MATERIAL FROM GREEN MUSSEL SHELL (*Perna viridis*) POWDER AND FOAM AGENT COMPOSITION FOR INSULATION AND SOUND ABSORPTION POWER IMPROVEMENT**

**Name** : Margiasih Putri Liana  
**NRP** : 1111100001  
**Major** : Physics, FMIPA-ITS  
**Advisor I** : Dr. Melania Suweni Muntini, MT.  
**Advisor II** : Susilo Indrawati, M.Si

## **Abstract**

In the scope of acoustic, acoustic material selection is very important to solve the acoustic defect problem. Gypsum is very good for sound insulation, but its reflective properties can cause echoes in the room. This report represents the results of research on the utilization of green mussel shell (*Perna viridis*) powder as an alternative material for insulating and absorbing sound. Research was conducted at Acoustic Laboratory of Physics Department ITS, by  $\alpha$  and TL testing. The material testing dimension for  $\alpha$  testing is 3cm  $\times$  3cm with the thickness of 12 mm. The foam agent variations used in this research are with foam and without foam. While material testing dimension for TL testing is 60cm  $\times$  60 cm with the thickness of 12mm. The variations of composition percentage between green mussel shell powder and gypsum are 0%, 25%, 50%, 75% and 100%. In the 4<sup>th</sup> material, with composition of 75% green mussel shell and 25% gypsum, the most optimal improving value of  $\alpha$  at low frequencies was obtained. On the other hand, in the 5<sup>th</sup> material, with composition of 100% green mussel shell, the most optimal improving value of  $\alpha$  at high frequencies was obtained. The adding of 1.2gram agent foam has increased  $\Delta 4$ cm of material thickness and has also increased the value of  $\alpha$  for  $\Delta 0.244$ . From



the experimental result, an anomaly has occurred on the contour pattern of TL in 2<sup>nd</sup> material (75% gypsum and 25% green mussel shell). However, STC contour is divided into three parts. The highest value of STC is in the 4<sup>th</sup> material (75% green mussel shell and 25% gypsum), with the value of 37 dB, and increasing percentage of 1.42% and  $\Delta 11$ . It can be concluded that the 4<sup>th</sup> material is good to be used as an insulator in loud and not clear sound. The addition of green mussel shell powder can make an insulating material non-reflective.

**Key word :** Powder of green shell (*Perna viridis*),  $\alpha$ , TL, STC

## KATA PENGANTAR



Alkhamdulillahhirobilalamin, segala puji syukur kehadiran Allah SWT penulis telah dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) dengan baik dan optimal meskipun kurang sempurna karena ksempurnaan hanya milik Allah SWT. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan jalan dalam menuntun kami dari kebodohan menuju cahaya kebenaran.

Segala hal yang berkaiatan dengan Tugas Akhir (TA) ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini ditulis dengan judul :

**“ANALISIS PERBANDINGAN KOMPOSISI MATERIAL  
AKUSTIK SERBUK KULIT KERANG HIJAU(*Perna viridis*)  
SERTA AGENT FOAM UNTUK PENINGKATAN INSULASI  
DAN DAYA ABSORPSI BUNYI”**

Karya dari penulis ini dipersembahkan untuk Lembaga yang menaungi penulis dalam menyelesaikan kuliah S1 yaitu ITS serta kepada adik-adik saya di Laboratorium Instrumentasi Akustik. Dan tak lupa juga kepada seluruh masyarakat Indonesia yang menantikan perkembangan IPTEK untuk kemajuan peradaban Indonesia menyongosng MEA. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang

membantu penyusunan laporan Tugas Akhir (TA) dan proses penelitiannya.

1. Kedua orang tua kandung tercinta yaitu Bp. Adi Laigen Saeran dan Ibu Juminah yang telah mendedikasikan seluruh ilmu, semangat serta moril kepada penulis.
2. Kedua orang tua tersayang yaitu Bp. Ir. Lulus Tjahyo Purnomo dan Ibu. Dra. Tjatur Wahyu Purnami yang telah memberikan dukungan dan saran untuk melangkah menjadi lebih baik.
3. Adikku tercinta Dedhek Adi Saputro atas dukungan doa dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
4. Kepada KEMENRISTEK DIKTI yang telah memberikan Beasiswa “BIDIK MISI” dari awal penulis masuk ITS hingga menyelesaikan studinya tahun 2011-2015.
5. Kepada GNOTA(Gerakan Nasional Orang Tua Asuh) Kabupaten Kediri yang telah memberikan Beasiswa kepada penulis selama dua periode tahun 2011-2013.
6. Kepada SUPERSEMAR yang telah memberikan Beasiswa kepada penulis selama satu periode Tahun 2012-2013.
7. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M.Eng selaku ketua Jurusan Fisika ITS.
8. Bapak Prof. Edy Yahya sebagai dosen wali yang selalu memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis.
9. Ibu Dr. Melania Suweni Muntini, MT. dan Ibu Susilo Indrawati, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah membagi pengalaman serta memberikan pengarahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan.
10. Kepada Teman Hidup penulis Muhammad Mughnii Caryaphyllus Purnama S.Si yang telah memberikan waktu, ilmu dan semangatnya kepada Penulis.
11. Kepada Tri Sujarwanto S.Si atas sumbangsih ilmu dan pengalamannya kepada penulis.

12. Kepada teman Trio Akustik 2015 yaitu Ayu Sholah dan Aziz Nugroho serta Adis Prasetyo atas dukungan, keberbagian dan semangat yang telah diberikan.
13. Kepada The Giant Team “PROTEK-J” yaitu Jordan Eko Setiyawan, Zakaria Fauzi dan Muhamad Azwar Annas atas segala waktu dan pengertiannya yang telah diberikan kepada penulis.
14. Kepada The Great Team “TOP” sebagai teman dan sahabat Emy Aditya, M. Taufiqurrohman, Mb. Fitri yang memberikan motivasi kepada penulis.
15. Segenap teman-teman Fisika Foton 2011 yang telah menjadi keluarga penulis selama di Surabaya dan telah memberikan dukungan terbaik bagi penulis.
16. Kepada Adik-Adik yang masuk bidang Instrumentasi Akustik yaitu Aulia, Selvi, Tejo dll. Semoga karya ini sebagai rujukan untuk mengembangkan Laboratorium Akustik Fisika ITS menjadi lebih baik.
17. Kepada teman seperjuangan Firstya, Heni, dan Leni yang memberikan semangat kepada penulis.
18. Kepada Teman Sekosan Gebang Kidul No. 70A, Ani dkk yang telah memberikan semangat dan doa yang telah diberikan.
19. Semua pihak COSMIC, MESON, GAMMA dan ANTARES yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mohon kritik dan saran. Akhir kata penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak, terutama untuk penelitian selanjutnya. Amiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, 28 Juni 2015

Penulis  
[amma.margiea@gmail.com](mailto:amma.margiea@gmail.com)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>COVER PAGE .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Alternatif Bahan Akustik .....	5
2.1.1 Deskripsi Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ).....	5
2.1.2 Gypsum.....	7

2.1.3 Material Akustik .....	8
2.1.4 Kriteria Material Akustik.....	9
2.2 Bunyi .....	10
2.2.1 Gelombang pada Medium Berbeda .....	11
2.2.2 Band Oktaf.....	13
2.3 Perilaku Bunyi.....	14
2.3.1. Absorpsi Bunyi .....	14
2.3.2 Refleksi Bunyi .....	16
2.3.3 Difusi Bunyi.....	18
2.4 Metode Ukur .....	19
2.4.1. Koefisien Absorpsi Bunyi.....	19
2.4.2 <i>Transmission Loss(TL)</i> .....	20
2.4.3 <i>STC(Sound Transmission Class)</i> .....	21
2.5 Ralat Pengukuran .....	24
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>25</b>
3.1 Tahap-tahap Penelitian .....	25
3.2 Studi Literatur.....	26
3.3 Pengenalan Alat.....	26
3.4 Perancangan dan Pembuatan Material Akustik.....	27
3.4.1 Pembuatan Sampel Limbah Kulit Kerang .....	27
3.4.2 Pencampuran Perekat dan Pencetakan.....	28
3.4.3 Pencetakan bahan.....	29
3.5 Metode Ukur.....	30
3.5.1 Pengukuran dengan Tabung Impedansi.....	30
3.5.2 Pengukuran dengan Kotak Persegi .....	31
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Hasil Pengukuran .....	35
4.1.1 Uji Koefisien Absorpsi( $\alpha$ ) .....	35
4.1.2 Uji <i>Transmission Loss(TL)</i> .....	37
4.2 Data Hasil Pengukuran .....	38
4.2.1 Data Hasil Uji Koefisien Absorpsi .....	38
4.2.2 Data Hasil Uji <i>Transmission Loss(TL)</i> .....	39
4.3 Hasil Analisis Data.....	39

4.3.1 Pengaruh Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ) terhadap $\alpha$ ...	39
4.3.2 Pengaruh Penambahan agent foam pada bahan uji terhadap $\alpha$ .....	43
4.3.3 Pengaruh agent foam dalam peningkatan $\alpha$ .....	44
4.3.4 Pengaruh <i>Transmission Loss</i> (TL) pada masing-masing bahan uji .....	45
4.3.5 Pengaruh antara TL dengan STC .....	49
4.3.6 Pengaruh STC pada masing-masing bahan uji .....	52
4.3.7 Hubungan antara TL dan $\alpha$ .....	53
<b>BAB V KESIMPULAN</b> .....	55
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57
<b>LAMPIRAN</b> .....	61
<b>BIOGRAFI PENULIS</b> .....	105



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar harga referensi dengan perbandingan STC 25	22
Tabel 4.1 $\alpha$ pada masing-masing bahan uji dengan agent foam	40
Tabel 4.2 $\alpha$ pada masing-masing bahan uji tanpa agent foam	41
Tabel 4.3. Tabel data hasil $\Delta\alpha$ pada bahan uji	44
Tabel 4.4. Tabel data hasil perhitungan TL pada masing-masing bahan	45
Tabel 4.5 Hasil Perbandingan nilai TL dan STC pada bahan 1	49
Tabel 4.6 Nilai STC pada masing-masing bahan uji	51

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ).....	6
Gambar 2.2 Bentuk gypsum yang ada di alam New Zealand .....	8
Gambar 2.3 Ilustrasi perambatan gelombang bunyi diterima oleh pendengar .....	10
Gambar 2.4 Gelombang Pantul dan Transmisi Sudut Dtang Normal pada sebuah Pelapis.....	12
Gambar 2.5 Representasi absorpsi bunyi pada material berpori .....	15
Gambar 2.6 Pelapisan akustik dengan pori-pori kecil berfungsi menyerap bunyi dengan frekuensi tinggi .....	16
Gambar 2.7 Pemantulan yang terjadi pada bidang cembung, datar dan cekung.....	17
Gambar 2.8 Transmisi bunyi lewat partisi .....	21
Gambar 2.9 Grafik STC pada 25 dB .....	23
Gambar 2.10 Ilustrasi pengolahan data standart deviasi menggunakan excel .....	24
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian.....	25
Gambar 3.2 Proses Pengolahan Kulit Kerang Hijau menjadi serbuk kerang. ....	28
Gambar 3.3 Proses Pembuatan Bahan.....	29

Gambar 3.4 Proses pencetakan bahan (a) dimensi 3cmx3cm (b) dimensi 60cmx60cm.....	30
Gambar 3.5 Skema rangkaian Tabung Impedansi.....	31
Gambar 3.6 Skema ruang pengambilan data TL .....	32
Gambar 3.7 Ruang uji Lab. Akusik Fisika FMIPA ITS .....	32
Gambar 4.1 Bahan uji $\alpha$ dengan memakai agent foam (a)gypsum 100%, (b) 75% gypsum&25% Kulit kerang, (c) 50% gypsum&50% kulit kerang, (d) kulit kerang 75%&25% gypsum, (e) kulit kerang 100% .....	35
Gambar 4.2 bahan uji $\alpha$ berdimensi 3x3cm tanpa foam (a) ypsum 100%, (b) 75% gypsum&25% Kulit kerang, (c) 50% gypsum&50% kulit kerang, (d) kulit kerang 75%&25% gypsum, (e) kulit kerang 100% .....	36
Gambar 4.3 .(a) Peralatan pengambilan data. (b) Tabung impedansi untuk uji $\alpha$ .. .....	37
Gambar 4.4 Kotak Sumur pengambilan data TL.....	37
Gambar 4.5. Grafik batang perbandingan $\alpha$ pada masing-masing bahan uji dengan pemberian foam .....	42
Gambar 4.6. Grafik perbandingan $\alpha$ pada bahan 5 dengan menggunakan foam dan tanpa foam.....	43
Gambar 4.7 Grafik TL pada masing-masing bahan.....	48
Gambar 4.8 Kurva Transmision Loss bahan 1(gypsum 100%) STC 31..	50

Gambar 4.9 Grafik batang hubungan antara nilai STC dengan jenis bahan.. .....	52
---	----

Gambar 4.10 Grafik Hubungan antara TL dengan $\alpha$ pada bahan 3 .....	54
--	----

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang mengikuti perkembangan ilmu dan teknologi namun dari segi kebutuhan akan material akustik dalam bidang konstruksi bangunan masih belum terlalu diperhatikan untuk sisi kenyamanan akustik. Sebagian besar penggunaannya meliputi material wool yang diantaranya adalah *glass woll* dan *rock wool*. Material tersebut mahal harganya, sehingga tidak bisa dijangkau oleh masyarakat. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dikembangkan pembuatan material akustik dari bahan alam. Untuk memenuhi kebutuhan permintaan pasar yang semakin tinggi dengan biaya yang cukup terjangkau maka dilakukan pengembangan pembuatan material akustik dari bahan-bahan yang mudah didapatkan dari alam. Inovasi baru terus dilahirkan dengan menggunakan material-material *recycle* (daur ulang). Salah satu bidang yang diperlukan untuk menambah estetika material akustik adalah dari segi seni dan kualitas bahan dalam menginsulasi bunyi. Sementara gypsum merupakan bahan yang sangat baik dalam menginsulasi bunyi (*Transmission Loss*) TLnya besar, namun kekurangan dari gypsum adalah bersifat reflektif. Artinya gypsum memantulkan kembali bunyi dari sumber dan bila dibiarkan akan menjadi permasalahan cacat akustik yaitu terjadinya gema dan gaung pada ruang. Hal ini tentu sangat mempengaruhi kenyamanan ruangan tersebut.

Beberapa penelitian tentang inovasi material akustik telah dilakukan misalkan "*Kualitas akustik panel dinding berbahan baku jerami*" yang telah dilakukan oleh Christiina E. Mediastika tahun 2008. Panel jerami sebagai material akustik mampu mengolah bahan menjadi panel yang memiliki kekuatan struktural yang mencukupi dan kualitas akustik yang memadai. Namun penelitian ini memerlukan bahan tambahan yang sekiranya



diperlukan untuk menjaga keawetan panel tersebut. Selanjutnya juga diteliti oleh Rifki Irawan dkk tahun 2011 yang berjudul “*Analisis Parameter Akustik Pada Panel Berbahan Baku Kertas Duplex sebagai alternatif Pelapis Dinding*”. Penelitian ini mampu mengubah kertas duplex menjadi material absorb yang mampu meningkatkan kemampuan daya serap bunyi. Namun material akustik ini masih belum standart dan kandungan airnya relative tinggi. Kedua penelitian ini menggunakan bahan organik yang masih memiliki resiko terserang jamur dan penyakit dalam jangka lama yang dapat mengganggu kenyamanan dan kesehatan serta dapat menambah *cost*.

Berdasarkan permasalahan di atas maka dilakukan penelitian berjudul “*Analisis Perbandingan Komposisi Material Akustik dari Serbuk Kulit Kerang Hijau(Perna viridis) Serta Agent Foam Untuk Peningkatan Insulasi dan Absorpsi Bunyi*”. Dalam tugas akhir ini, dicoba untuk melakukan inovasi dalam pembuatan material akustik dari bahan yang tidak organik berupa kulit kerang hijau (*Perna viridis*) dengan komposisi perbandingan dari bahan akustik 1:2:3:4 berdimensi 3cmx3cm dan 60cmx60cm dengan ketebalan 12mm. Dari penelitian ini diharapkan dapat mengolah kulit kerang menjadi material akustik yang dapat direkomendasikan menjadi bahan akustik yang baik sebagai insulator bunyi dan menjadi bahan absorber yang memenuhi ASTM.

## 1.2 Rumusan Permasalahan

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana karakteristik bahan uji per frekuensi yang optimum dalam pengujian material akustik berbahan baku kulit kerang hijau (*Perna viridis*)?
- b. Bagaimana pengaruh agent foam terhadap bahan uji?

- c. Bagaimana nilai transmission loss(TL) dan contour TL dari material akustik berbahan baku kulit kerang hijau (*Perna viridis*)?
- d. Bagaimana nilai STC pada masing-masing bahan uji?
- e. Bagaimana Pengaruh Kulit Kerang hijau (*Perna viridis*) terhadap  $\alpha$  dan TL?.

### 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan dibatasi pada:

- a. Sekop materi hanya berdasarkan akustik lingkungan.
- b. Material akustik terbuat dari bahan kulit kerang hijau (*Perna viridis*).
- c. Pengujian material akustik menggunakan prinsip absorpsi bunyi dan *Transmission Loss*(TL).
- d. Pengujian dilakukan pada 2 ruang yaitu ruang sumber(sumur bunyi) dan ruang penerima(ruang kelas laboratorium Fisika Instrumentasi Akustik).
- e. Pita oktaf yang digunakan memiliki range frekuensi 125 Hz -4000 Hz

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1. Mengetahui bahan uji dengan prosentase berapa % penambahan kulit kerang hijau(*Perna viridis*) yang paling optimal dalam menyerap bunyi( $\alpha$  paling besar) terhadap range frekuensi.
- 2. Mengetahui pengaruh penambahan agent foam terhadap bahan uji dari segi peningkatan nilai  $\alpha$ .
- 3. Mengetahui nilai *Transmission Loss*(TL) pada masing-masing bahan uji dengan pola kontur grafik TL.
- 4. Mengetahui nilai STC pada masing-masing bahan uji.
- 5. Mengetahui nilai transmission loss(TL) dari setiap material akustik yang diuji.

6. Mengetahui pengaruh penambahan kulit kerang terhadap pengujian  $\alpha$  dan TL pada masing-masing bahan uji.

### **1.5 Manfaat penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik material akustik kulit kerang hijau (*Perna viridis*) dengan parameter transmission loss (TL) material akustik untuk dapat diaplikasikan di dalam suatu desain ruang auditorium atau studio yang bebas dari ancaman penyakit gema bila digunakan lebih lama. Selain itu juga dapat sebagai gerakan dalam pengolahan limbah yang bisa diciptakan menjadi barang yang bernilai jual tinggi.

### **1.6 Sistematika Penulisan Laporan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu :

#### **Bab 1: Pendahuluan**

Berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir.

#### **Bab 2: Tinjauan Pustaka**

Berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir.

#### **Bab 3: Metodologi Penelitian**

Berisi tentang metode dan tahap pengambilan data.

#### **Bab 4: Analisa Data dan Pembahasan**

Berupa hasil data yang diperoleh, serta analisa yang dilakukan.

#### **Bab 5: Kesimpulan**

Berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Alternatif Bahan Akustik**

Dari penelitian yang dilakukan sebelumnya ternyata beberapa material alam dapat digunakan sebagai material akustik. Tujuan dari menggunakan bahan alam adalah ketersediaan di alam yang melimpah, terjangkau, dan belum dimanfaatkan secara optimal. Namun material alam harus memiliki syarat mampu menginsulasi dan mengabsorpsi bunyi. Adapun alternatif yang sudah digunakan adalah jerami, serabut kelapa, bonggol jagung, kayu sengon dll.

##### **2.1.1 Diskripsi Kerang Hijau(*Perna viridis* )**

Kerang hijau(*Perna viridis*) atau biasanya dikenal dengan *green mussels* adalah binatang lunak(moluska) yang hidup di laut, bercangkang dua dan berwarna hijau. Kerang hijau merupakan organisme yang termasuk kelas Pelecypoda. Golongan biota yang bertubuh lunak(mollusca). Kerang hijau termasuk hewan dari kelas pelecypoda. Kelas ini selalu mempunyai cangkang katup sepasang maka disebut dengan bivalva. Kerang hijau tersebar di seluruh perairan Indonesia dan ditemukan melimpah pada perairan pesisir, daerah mangrove dan muara sungai. Kerang hijau memiliki anatomi dengan panjang tubuh antara 6,5-8,5 cm dan diameter sekitar 1,5 cm. Ciri khas kerang hijau terletak pada warna cangkangnya yang menimbulkan gradasi warna gelap ke gradasi warna cerah kehijauan. Tubuh kerang dilindungi oleh cangkang yang berjumlah sepasang, fungsinya adalah melindungi seluruh tubuh yang lunak. Kerang hijau berkembang biak secara kawin umumnya berumah dua dan pembuahannya internal (Kastawi,yusuf.2008). Klasifikasi kerang hijau (*Perna viridis*) dapat dilihat sebagai berikut:

Filum : Moluska  
Kelas : Bivalvia  
Ordo : Mytiloida

Famili : Mytilidae  
Genus : *Perna*  
Spesies : *Perna viridis*



Gambar 2.1. Kerang hijau (*Perna viridis*)

Kulit kerang hijau selama ini limbah padat berupa cangkang kerang sebagai kerajinan tangan atau seni dekoratif, juga sebagai campuran makanan ternak guna memenuhi kadar kalsium (M. Nadjib, 2008). Selain itu juga digunakan sebagai bahan kerajinan yang dilakukan oleh sekelompok pengrajin di daerah pantai Kenjeran, Surabaya. Di daerah pinggir pantai Kenjeran kecamatan Sukolilo Surabaya banyak terdapat jenis kerang hijau, namun hal ini masih memiliki nilai jual yang rendah. Keterbatasan dalam segi produksinya dalam pemanfaatan kerang yang dilakukan sangatlah sedikit di bidang fisika bangunan secara langsung. Sebelumnya solusi alternatif yang pernah diajukan adalah mengolah limbah kerang dengan memanfaatkan biokeramin dari ekstrak kerang sebagai komponen substitusi tulang sehingga dapat menambah nilai jual serta dapat mengurangi limbah yang menumpuk. Perlu diketahui bahwa komposisi serbuk kulit kerang berupa kalsium karbonat sebesar 66,7%, magnesium karbonat 22,28%, kalsium fosfat 7,88% dan sebagian kecil materi anorganik lain. Bahan-bahan ini sering disebut dengan *filter* pada produksi cat, kertas, adhesif, kosmetik, semen adhesif dan lain-lain. (Douglas, 1974).

### 2.1.2. Gypsum

Gypsum adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya dan merupakan salah satu bahan galian industri. Gypsum yang paling umum ditemukan adalah jenis hidrat kalsium sulfat dengan rumus kimia  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Gypsum adalah salah satu dari beberapa mineral yang teruapkan. Contoh lain dari mineral-mineral tersebut adalah karbonat, borat, nitrat, dan sulfat. Mineral-mineral ini diendapkan di laut, danau, gua dan di lapisan garam karena konsentrasi ion-ion oleh penguapan. Ketika air panas atau air memiliki kadar garam yang tinggi, gypsum berubah menjadi basanit ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) atau juga menjadi anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ). Dalam keadaan seimbang, gypsum yang berada di atas suhu  $108^\circ\text{F}$  atau  $42^\circ\text{C}$  dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit.

Gypsum secara umum diklasifikasikan mempunyai kelompok yang terdiri dari gypsum batuan, gipsit alabaster, satin spar, dan selenit. Gypsum juga dapat diklasifikasikan berdasarkan tempat terjadinya, yaitu endapan danau garam, berasosiasi dengan belerang, terbentuk sekitar fumarol vulkanik, efflorescence pada tanah atau gua-gua kapur, tudung kubah garam, penudung gossanoksida besi (gossan) pada endapan pirit di daerah batu gamping.

Kegunaan gypsum adalah sebagai berikut yaitu drywall, bahan perekat, penyaring dan sebagai pupuk tanah, campuran bahan pembuatan lapangan tenis, sebagai pengganti kayu pada zaman kerajaan-kerajaan, sebagai pengental tofu (tahu) karena memiliki kadar kalsium yang tinggi, sebagai penambah kekerasan untuk bahan bangunan, untuk bahan baku kapur tulis, sebagai salah satu bahan pembuat portland semen, sebagai indikator pada tanah dan air, dan sebagai agen medis pada ramuan tradisional China yang disebut Shi Gao.



Gambar 2.2. Bentuk gypsum yang ada di alam New Zealand

### 2.1.3. Material Akustik

Dari definisi bahan diatas, Bahan-bahan material akustik ada beberapa dan dapat diklasifikasikan sebagai absorber secara khusus yaitu:

1. Mineral wool : mineral wool terbuat dari material pasir, batu basal, dan kaca daur ulang yang dilelehkan pada suhu tinggi
2. Foam(busa) : foam dapat memiliki struktur sel yang terbuka ataupun tertutup. Dengan struktur sel yang terbuka poros saling berhubungan dan memiliki hasil absorpsi yang signifikan. Sedangkan untuk struktur sel tertutup sebaliknya.
3. Material Daur Ulang : material ini menggunakan material-material yang dapat didaur ulang.
4. Gorden (tirai) : gorden atau tirai merupakan material yang biasa digunakan sebagai penyerap berporus. Semakin dalam lipatan akan semakin menghasilkan absorpsi yang baik.
5. Karpet: karpet merupakan absorber berporus, yang biasanya memiliki proporsi absorpsi yang luas pada frekuensi tinggi di dalam ruang.

6. Aerogels : material ini merupakan zat padat yang memiliki porositas yang tinggi. Aerogels terbuat dari gel yang dicairkan kemudian berubah menjadi gas.
7. Karbon aktif : material ini mulai diminati dalam bidang akustik untuk meningkatkan kemampuan material akustik. Salah satunya pembuat loadspeaker sudah menggunakan karbon aktif untuk meningkatkan performansi frekuensi rendah pada loadspeaker. (Russel, Daniel A.)

#### 2.1.4. Kriteria Material Akustik

Bahan lembut, berpori dan kain adalah bahan menyerap sebagian besar gelombang bunyi. Dengan kata lain bahan-bahan tersebut adalah penyerap bunyi. Energi gelombang bunyi yang diserap oleh penghalang sebagian akan diubah menjadi energi panas maupun bentuk energi lainnya. Jumlah panas yang dihasilkan pada perubahan energi ini adalah sangat kecil, sedang kecepatan perambatan gelombang bunyi tidak dipengaruhi oleh penyerapan. Bila sebagian energi gelombang bunyi diubah menjadi energi kinetik, maka akan terjadi getaran pada penghalang yang bersangkutan, dan hal ini akan menimbulkan sumber bunyi baru. Semua bahan bangunan memiliki batas tertentu dalam menyerap bunyi, sehingga pengendalian akustik bangunan yang baik membutuhkan bahan-bahan yang memiliki tingkat penyerapan bunyi yang tinggi. Untuk membuat suatu insulator harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- **Berat** – material berat mampu meredam getaran yang menyimpannya akibat beratnya sendiri.
- **Keutuhan material** – keutuhan material bergantung pada kerapatan bahan dan keseragaman material sehingga akan memiliki tingkat insulasi yang tetap dan stabil.
- **Elastisitas** – elastisitas akan mengurangi timbulnya resonansi. Namun kurang cocok dipakai sebagai konstruksi bangunan yang kuat.
- **Prinsip isolasi** – sangat bermanfaat untuk memperoleh tingkat insulasi yang tinggi. (Sriwigiyatno, Kentut. 2006).

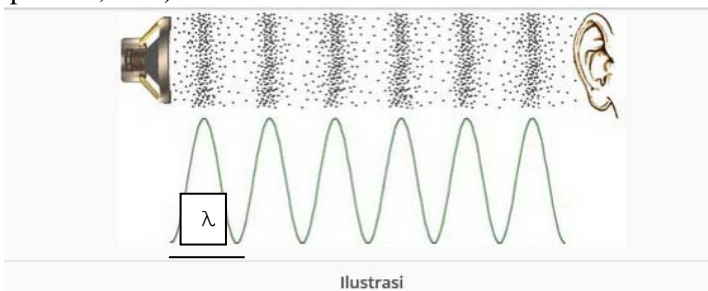


## 2.2. Bunyi

Menurut Leslie L. Doelle, 1990, disebutkan bahwa bunyi memiliki dua dimensi yaitu:

- Secara fisis merupakan pergerakan partikel melalui medium udara, disebut sebagai bunyi objektif.
- Secara fisiologis bunyi dianggap sebagai sensasi pendengaran yang ditimbulkan oleh kondisi fisik, disebut sebagai bunyi subjektif.

Bunyi merupakan transmisi energi yang melewati media padat, cair dan gas dalam suatu gearan yang diterima melalui sensasi telinga dan otak. Variasi bunyi terjadi karena tekanan udara berupa rapatan atau renggangan molekul udara oleh gangguan pada media elastis menyebar ke segala arah (Suptandar,2004).



Gambar 2.3. Ilustrasi perambatan gelombang bunyi diterima oleh pendengar

Pada gambar 2.3. gelombang bunyi terdiri dari molekul-molekul udara yang tidak pernah merambat melainkan bergetar maju-mundur. Tiap saat, molekul-molekul itu berdesakan di beberapa tempat, sehingga menghasilkan wilayah tekanan tinggi. Ketika gelombang merenggang maka akan menghasilkan tekanan rendah. Gelombang bertekanan tinggi dan rendah secara bergantian bergerak di udara, menyebar dari sumber bunyi.

Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang terjadi karena perapatan dan perenggangan dalam medium gas, cair, atau padat yang arah getarannya sejajar dengan arah

perambatan gelombang (Tipler, 1998). Berdasarkan frekuensinya, gelombang bunyi dapat dibedakan menjadi tiga kategori yaitu:

- a. Gelombang infrasonik dengan frekuensi  $< 20$  Hz
- b. Gelombang audiosonik dengan frekuensi  $20$  Hz- $20.000$  Hz
- c. Gelombang ultrasonik dengan frekuensi  $> 20$  Hz.

Dari ketiga macam bunyi tersebut yang dapat didengar telinga manusia adalah audiosonik. Bunyi yang merupakan hasil dari benda yang bergetar tersebut dapat diukur intensitasnya maupun frekuensinya serta amplitudonya. (Sriwigiyatno, Kentut, 2006)

## 2.2. 1 Gelombang pada Medium Berbeda

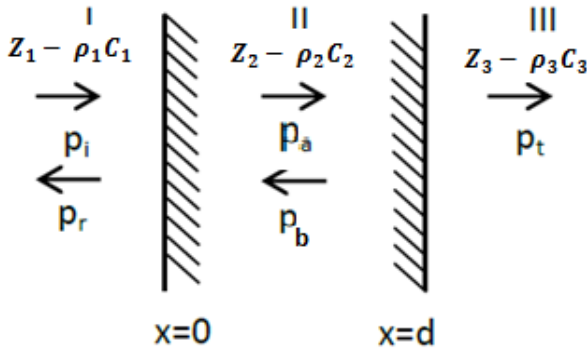
Perilaku semua variabel akustik adalah fungsi kordinat satu spasial, fasa atau beberapa variabel yang merupakan sebuah konstanta pada bidang tegak lurus dengan kordinat tersebut. Bila sebuah gelombang disebut dengan bidang gelombang jika sistem kordinat tersebut dipilih kemudian bidang gelombang tersebut merambat sepanjang sumbu  $x$ , maka penurunan persamaan gelombang adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Solusi dari persamaan diatas untuk tekanan akustik pada gelombang bidang dari bentuk kompleks pada persamaan sebagai berikut:

$$p = Ae^{i(\omega t - kx)} + Be^{i(\omega t + kx)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dalam menyelesaikan persamaan (2.2) diasumsikan bahwa terdapat lapisan dengan ketebalan  $x=d$  diantara dua medium rambat yang berbeda, dan gelombang datang dengan sudut datang normal terhadap batas, seperti yang digambarkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Gelombang bunyi pantul dan transmisi pada Sebuah Pelapis

Gelombang bunyi yang ditransmisikan memiliki frekuensi yang sama dengan gelombang bunyi datang, hanya saja kecepatan bunyi di dalam media berbeda. Nilai gelombang  $k_1 = \omega/c_1$  pada bunyi I,  $k_2 = \omega/c_2$  pada bunyi II, dan  $k_3 = \omega/c_3$  pada bunyi III. Dengan mendefinisikan  $z_1, z_2$ , dan  $z_3$  merupakan karakteristik impedansi akustik,  $\rho_1, \rho_2$ , dan  $\rho_3$  adalah densitas bunyi, dan  $c_1, c_2$ , dan  $c_3$  adalah kecepatan setiap bunyi.

Ketika gelombang bunyi datang mengenai media I menuju batas antara media I dan media II, sebagian energi dipantulkan dan sebagian lagi ditransmisikan ke dalam media II. Sejumlah gelombang yang ditransmisikan akan diproses oleh media II yang berkaitan dengan batas antara media II dan III, kemudian sebagian besar energi dipantulkan dan sebagian ditransmisikan. Gelombang bunyi yang dipantulkan balik menuju batas antara media I dan II, dan seterusnya proses terjadi berulang-ulang. Gelombang bunyi datang dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$p_i = A_i e^{j(\omega t - k_1 x)} \dots \dots \dots (2.3)$$

Berbagai macam gelombang bunyi yang ditransmisikan dan dipantulkan dikombinasikan menjadi satu, maka dalam kondisi *steady-state* gelombang bunyi pantul dalam media I dapat dijelaskan pada persamaan (2.4):

$$p_r = A_r e^{j(\omega t + k_1 x)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Gelombang bunyi yang ditransmisikan dan dipantulkan pada media II berturut-turut adalah sebagai berikut:

$$p_a = A_a e^{j(\omega t - k_2 x)} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$p_b = A_b e^{j(\omega t + k_2 x)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Kemudian gelombang bunyi yang ditransmisikan ke dalam media III adalah sebagai berikut:

$$p_t = A_t e^{j(\omega t - k_3 x)} \dots\dots\dots (2.7)$$

(Irawan,Rifky.2011)

## 2.2.2 Band Oktaf

Telinga manusia sensitif terhadap suara yang memiliki range frekuensi antara 20Hz sampai 20kHz (S.Smith.1997). Karena tidak praktisnya mengukur masing – masing frekuensi pada range ini maka alat ukur akustik mengukur energi akustik pada range kecil frekuensi yaitu antara 20Hz sampai 20kHz. Interval frekuensi pada alat ukur disebut dengan *bandwidth*. *Bandwidth* merupakan range antara interval dari frekuensi paling bawah ( $f_1$ ) dan frekuensi paling atas ( $f_2$ ). Dalam ilmu akustik, *bandwidth* ini disebut dengan oktaf. Satu oktaf adalah frekuensi paling atas sama dengan dua kali frekuensi paling bawah. Pada beberapa kasus, pembagian range frekuensi diperhalus dalam pengukuran, seperti 1/3 oktaf, dimana  $f_2/f_1 = 2^{1/3} = 1.260$ . Frekuensi tengah dari interval band didefinisikan sebagai rata-rata geometris frekuensi atas dan bawah (A.Maria.2011).

Setelah diketahui range dari frekuensi maka akan dapat ditentukan material akustik yang sesuai dengan kebutuhan. Dari beberapa klasifikasi material akustik tersebut maka bila diaplikasikan ke dalam ruangan yang dikehendaki, maka harus mengetahui parameter bunyi.

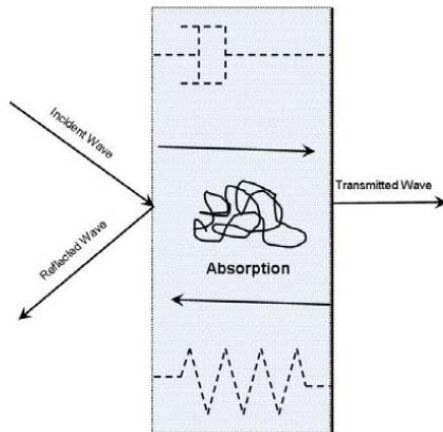
### 2.3. Perilaku Bunyi

Bunyi yang terjadi di dalam suatu ruangan memiliki perilaku yang berbeda-beda tergantung frekuensi bunyi yang merambat di dalam suatu ruang serta karakter permukaan ruangnya. Bila gelombang bunyi mengenai suatu permukaan seperti dinding, langit-langit atau lantai maka dapat terjadi beberapa peristiwa seperti absorpsi (penyerapan), refleksi (pemantulan), difraksi, dan hamburan.

#### 2.3.1. Absorpsi Bunyi

Sesuai dengan karakteristik materialnya, sebuah bidang batas selain dapat memantulkan kembali gelombang bunyi yang datang, juga dapat menyerap gelombang bunyi. Penyerapan ini akan mengakibatkan berkurangnya atau menurunnya energi bunyi yang menimpa bidang batas tersebut, penyerapan oleh elemen pembatas ruangan sangat bermanfaat untuk mengurangi tingkat kekuatan bunyi yang terjadi, sehingga dapat mengurangi kebisingan didalam ruang. Hal ini sekaligus bermanfaat untuk mengontrol waktu dengung (*reverberation time*).

Absorpsi suara merupakan penyerapan sejumlah energi akustik oleh suatu material akibat gelombang. Penyerapan ini dikarenakan adanya suatu perubahan energi dari energi bunyi menjadi energi panas (P,Satyajeet.2014). Bunyi merupakan energi partikel udara yang bergetar dan energi ini bisa berubah menjadi energi panas (Irawan,Rifki.2001). Gelombang suara telah melewati permukaan bahan penghalang (*barrier*) kemudian menggetarkan pori-pori yang ada di dalam bahan tersebut dan sebagian energinya berubah menjadi panas. Kemampuan bahan dalam menyerap suara dapat diukur dengan koefisien absorpsi, yaitu banyaknya energi bunyi yang diserap dibandingkan keseluruhan energi bunyi yang mengenai permukaan. Besarnya koefisien absorpsi ( $\alpha$ ) adalah antara 0 sampai 1. Apabila nilai dari  $\alpha_{bahan} = 0,6$  berarti 60% energi bunyi yang datang diserap oleh permukaan bahan dan 40% dipantulkan.

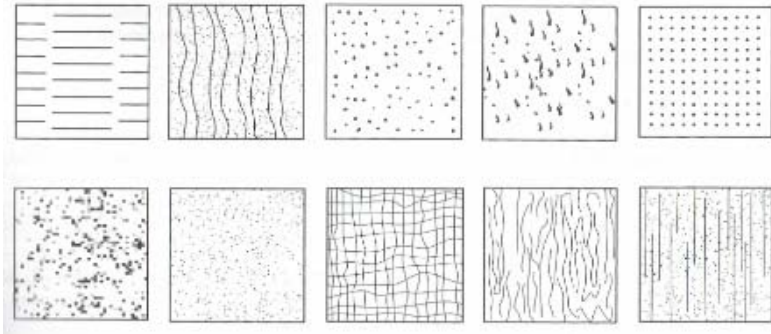


Gambar 2.5. Representasi absorpsi bunyi pada material berpori

Oleh karena kemampuan absorpsi suatu material berubah-ubah sesuai dengan frekuensi yang ada, maka ada beberapa jenis absorber yang umumnya dijumpai sebagai berikut:

- a. Material berpori  
Penyerap yang terbuat dari material berpori bermanfaat untuk menyerap bunyi yang berfrekuensi tinggi, sebab pori-porinya yang sangat kecil sesuai dengan besaran panjang gelombang bunyi yang datang.
- b. Panel penyerap  
Penyerap ini terbuat dari lembaran-lembaran atau papan tipis yang mungkin saja tidak memiliki permukaan berpori. Panel semacam ini cocok untuk menyerap bunyi yang berfrekuensi rendah.
- c. Rongga penyerap(*cavity absorber*)  
Penyerap ini disebut dengan *Helmholts resonator*, sesuai dengan penemunya. Rongga penyerap ini berfungsi untuk menyerap bunyi pada frekuensi khusus yang telah diketahui sebelumnya. Rongga penyerap terdiri dari sebuah lubang yang sempit dan diikuti dengan ruangan tertutup dibelakangnya. Penyerap semacam ini sangat efektif bekerja pada frekuensi yang telah ditentukan dengan jalan menyerap

atau “menangkap” bunyi yang masuk ke dalam rongga tersebut.



Gambar 2.6 . Pelapis akustik dengan pori-pori kecil yang berfungsi menyerap bunyi dengan frekuensi tinggi  
(Mediastika, Christina. 2005)

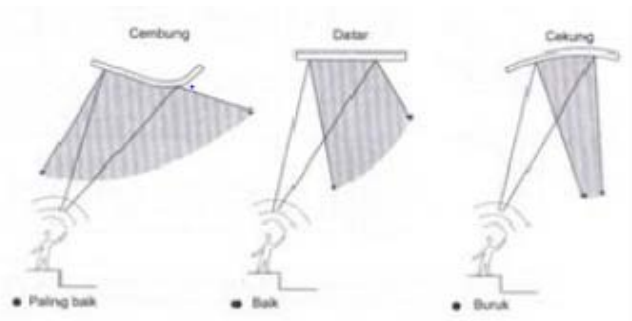
### 2.3.2. Refleksi Bunyi

Refleksi atau pemantulan bunyi oleh suatu objek penghalang atau bidang atas disebabkan oleh karakteristik penghalang yang memungkinkan terjadinya pemantulan. Menurut Hukum Snellius bahwa sudut datang sama dengan sudut pantul (terhadap garis normal). Persamaan ini sesungguhnya hanya berlaku ketika bunyi menimpa penghalang yang memiliki permukaan bidang licin sempurna dengan luas permukaan yang jauh lebih besar dari pada panjang gelombang bunyi yang datang. Semakin keras, licin, dan homogen suatu bidang batas, semakin besarlah tingkat pemantulan yang dihasilkan. Perilaku bunyi di dalam ruang yang sangat tergantung pada karakteristik bidang batas menyebabkan pengukuran dengan cara Sound Pressure Level (SPL) menjadi kurang baik.

Untuk memberikan suasana yang lebih hidup pada sebuah ruangan membutuhkan terjadinya pemantulan. Pemantulan yang terjadi hendaknya tidak membuat ruangan berada dalam tingkat difus. Oleh karena itu, pemantulan yang berupa echo (gaung atau gema) sebaiknya dihindarkan. Gaung muncul bila pemantulan terjadi lebih lama 1/20 detik dari bunyi asli pada kecepatan

rambat bunyi sebesar 340 m/det. Waktu tunda pemantulan ini identik dengan selisih jarak antara jarak yang ditempuh bunyi asli dengan jarak yang ditempuh bunyi akibat pemantulan untuk sampai ke titik yang sama, lebih besar atau sama dengan 20,7 m. Echo biasanya muncul pada ruangan yang sangat besar dan dibatasi oleh bidang pantul. Pada ruangan sempit memanjang dibatasi dinding memantul akan terjadi pemantulan berulang – ulang yang disebut dengan flutter echoes atau standing waves. Keadaan ini sebaiknya juga dihindari, karena akan mengurangi kualitas bunyi asli.

Permukaan yang keras, seperti beton, kaca, batu bata adalah contoh beberapa material yang dapat merefleksikan sebagian besar energi bunyi yang mengenainya. Sebagaimana bidang batas yang terbentuk, maka pemantulan yang terjadi bisa berupa pemantulan yang terbesar dan pemantulan terfokus (merata bila mengenai bidang batas mendatar atau menyebar bila mengenai bidang batas cembung) dan bisa juga pemantulan terfokus (memusat bila mengenai bidang batas cekung) (tiara,ries.2011).



Gambar 2.7. Pemantulan yang terjadi pada bidang cembung, datar, dan cekung(mediastika,2005)



### 2.3.3. Difusi Bunyi

Difusi atau difus adalah gejala yang terjadi pemantulan yang menyebar, akibat gelombang bunyi menerpa permukaan yang tidak rata. Gejala ini dipakai untuk menghilangkan terjadinya *flutter echoes* atau pemantulan berulang-ulang ketika bunyi memantul mengikuti hukum sudut pantul sama dengan sudut datang. Difuser juga digunakan untuk memperbaiki penyimpangan suara dalam ruangan seperti gema. Difuser sebagai alternatif yang sangat baik untuk penyerapan suara karena tidak menghilangkan energi suara, tetapi efektif untuk mengurangi gema dan pemantulan sementara ruangan masih tetap terdengar hidup. Dibandingkan dengan menggunakan dinding pemantul yang menyebabkan sebagian besar energi dipantulkan pada sudut yang sama dengan sudut datang, difuser akan menyebabkan energi bunyi akan terpancar ke berbagai arah, sehingga membuat ruangan lebih difusif.

Misalkan sebuah gedung yang awalnya direnovasi untuk meningkatkan waktu dengung, yaitu dengan memberi bahan refleksi tambahan pada pengeras bunyi yang dipasang pada dinding samping. Pemasangan reflektor tidak menjadi masalah apabila bunyi berasal dari panggung, tapi menjadi masalah ketika bunyi berasal dari pantulan dinding-dinding samping. Ini disebabkan bentuk area penonton yang miring dan berbentuk seperti kipas, sehingga penambahan reflektor ini menimbulkan gema. Mengatasi gema dapat dilakukan dengan menambahkan material absorber atau difuser. Namun, penggunaan absorber saja akan mengakibatkan penurunan waktu dengung sehingga tidak sesuai dengan tujuan awal renovasi. Oleh karena itu solusi yang dilakukan adalah menggunakan difuser, yang akan menghilangkan refleksi sisi ke area penonton (pendengar) (cox,T.J.2004).

## 2.4 Metode Ukur

### 2.4.1. Koefisien Absorpsi Bunyi

Untuk menentukan klasifikasi suatu material akustik dibutuhkan hubungan teoritik dengan eksperimen yang bertujuan agar kondisi lingkungan untuk material yang digunakan dapat disesuaikan. Dalam hal penentuan material tersebut terdapat beberapa cara pengukuran yang digunakan, diantaranya adalah dengan menggunakan tabung impedansi. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian menggunakan metode gelombang berdiri sudut datang normal. Pemilihan alat tabung impedansi ini dikarenakan lebih mdah dalam penyediaan alat serta biaya yang lebi sedikit dibandingkan dengan metode pengujian lainnya.

Suatu bahan pada elemen bangunan memiliki daya isolasi yang berbeda-beda. Untuk mengetahui daya isolasi masing-masing bahan harus sesuai dengan standart yang telah ditentukan. Prinsip dari metode ASTM E2611-09 ini yaitu terdapat satu buah tabung kemudian pada salah satu ujung tabung diletakkan bahan uji. Dan pada salah ujung lainnya hendak diuji daya isolasinya. Pada saat proses pengukuran, bunyi dibangkitkan dengan menggunakan loadspeaker dan dapat diketahui tingkat tekanan bunyi di dalam tabung melalui mikrofon yang terletak di dalam tabung dengan digeser-geser kabel penyelidikanya (Hamballi,Alfa.2013). Dalam pengukuran dengan menggunakan tabung impedansi yaitu untuk mengetahui besaran Koefisien Absorpsi( $\alpha$ ). Koefisien absorpsi( $\alpha$ ) adalah perbandingan antara energi yang diserap dengan energi yang diberikan(datang) pada sebuah permukaan material. Koefisien absorpsi memiliki range 0-1, nilai ini menjelaskan bahwa semakin baik nilai koefisien absorpsi akan bernilai 1, begitupun sebaliknya.

$$\alpha = \frac{\text{energi yang diserap}}{\text{energi bunyi yang datang}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dalam menghitung besaran Koefisien absorpsi( $\alpha$ ) harus diperoleh nilai  $SL_{\max}$  dan  $SPL_{\min}$  yang terukur. Besaran yang diukur dalam praktek akustik adalah tingkat tekanan bunyi  $L_p$ ,

bukan tekanan bunyi P. Untuk mengukur tingkat tekanan bunyi digunakanlah SLM(*Sound Level Meter*). Dalam hal ini, jika ujung probe mikrofon dalam tabung penyelidik dihubungkan dengan SLM dan digeser-geser, maka pada jarak-jarak tertentu diperoleh tingkat tekanan bunyi maksimal( $L_{p_{\max}}$ ) dan tingkat tekanan bunyi minimum( $L_{p_{\min}}$ ). Maka  $\alpha$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\alpha = 1 - \left( \frac{\log^{-1}(\frac{L}{20}) - 1}{\log^{-1}(\frac{L}{20}) + 1} \right)^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

(Hamdri,Erzam,2005)

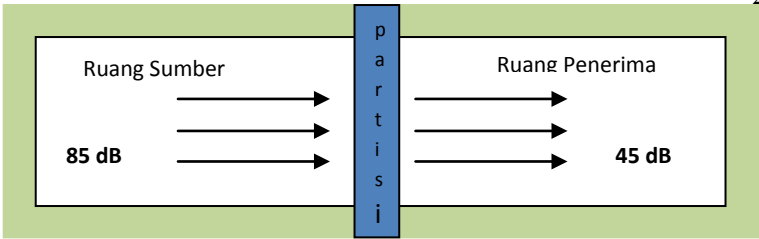
#### 2.4.2. *Transmission Loss (TL)*

Adapun metode yang dipakai dalam pengujian *Transmission Loss*(**TL**) suatu bahan adalah sebagai berikut:

Jika gelombang yang mengenai pada bidang permukaan, maka ada beberapa energi yang dipantulkan dan diteruskan ke dalam bahan. Energi yang diteruskan pada material bahan yang mempunyai ketebalan  $x=0$  hingga  $x=d$ . Faktor yang dinilai pada karakteristik suatu bahan akustik adalah nilai dari *Transmission Loss* (TL) material akustik. Rugi transmisi bunyi karena energi yang hilang karena gelombang bunyi melewati suatu partisi. Oleh karena itu, untuk dapat mengisolasi bunyi dibutuhkan bahan yang memiliki *transmission loss*(TL) yang tinggi. Dari gambar 2.8, koefisien transmisi bunyi( $\tau$ ) yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\tau = \frac{\text{energi yang ditransmisi kan}}{\text{energi bunyi yang datang}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Besarnya nilai  $\tau$  adalah range antar 0 dan 1. Sebagai contoh, bahan dengan  $\tau = 0,2$  akan ditransmisikan 20% energi bunyi yang datang, dan 80% energi diserap oleh material akustik. Jika  $\tau = 0$  maka tidak ada energi yang ditransmisikan, jika  $\tau = 1$  maka seluruh energi bunyi datang akan ditransmisikan.



Gambar 2.8 Transmisi bunyi lewat partisi

Dari gambar 2.8 terlihat bahwa terjadinya pengurangan tingkat tekanan bunyi dari 85 dB menjadi 45 dB. Pengurangan ini terjadi karena bahan partisi mengubah energi bunyi menjadi bentuk energi lainnya. Dengan adanya proses perubahan tersebut, maka yang tersaring dan keluar menjadi energi bunyi lagi hanya sebagian saja (Ansarullah, Ferdy. 2012). Hubungan antara koefisien transmisi dengan *Transmission Loss* (TL) dinyatakan dalam satuan dB (decibel) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$TL = 10 \log \frac{1}{\tau} \text{ dB} \dots\dots\dots (2.12)$$

Untuk mengetahui nilai dari *transmission loss* pada bahan uji maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$TL = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A_{rec}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan  $L_1$  adalah tingkat tekanan bunyi dalam sumber,  $L_2$  adalah tingkat tekanan bunyi dalam ruang penerima,  $S$  adalah luas sampel bahan partisi ( $m^2$ ),  $A_{rec} = S \cdot \alpha_{sab}$  adalah total penyerapan suara pada ruang penerima ( $m^2 \text{ sabine}$ ),  $V$  adalah volume ruang penerima ( $m^3$ ), dan  $T_{60} = 0,161 \frac{V}{A_{rec}}$  adalah waktu dengung ruang penerima (Satyajeet.P.2014).

### 2.4.3 STC (*Sound Transmission Class*)

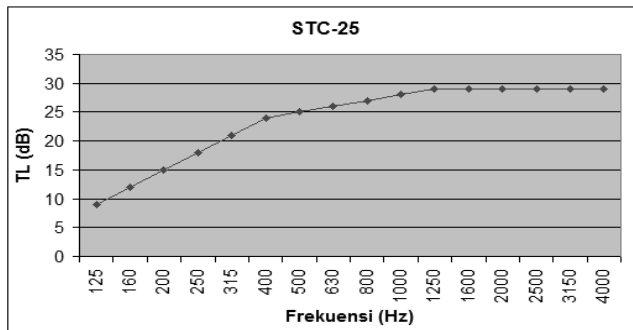
STC (*Sound Transmission Class*) merupakan bilangan tunggal yang digunakan untuk menilai suatu sistem akustik dengan menyertakan kemampuan mereduksi bising dari suatu konstruksi struktur material pada frekuensi yang berbeda-beda. Penentuan nilai STC ini telah ditetapkan dalam suatu harga standar yang mengacu pada standar ASTM E-413 “*Classification for Rating Sound Insulation*” (Irwan, Yusril. 2013). Harga STC

ditentukan secara grafis dengan cara membandingkan kurva rugi transmisi bunyi atau transmission Loss(TL) dengan kurva standart STC. Harga STC secara umum menunjukkan kondisi optimal dari sebuah partisi atau dinding, karena didapatkan melalui pengukuran di laboratorium.

Tabel 2.1. Daftar harga referensi dengan perbandingan STC 25dB

No	Frek. (Hz)	TL referensi (dB)	
		STC-N	STC-25
1	125	N – 16	9
2	160	N – 13	12
3	200	N – 10	15
4	250	N – 7	18
5	315	N – 4	21
6	400	N – 1	24
7	500	N	25
8	630	N + 1	26
9	800	N + 2	27
10	1000	N + 3	28
11	1250	N + 4	29
12	1600	N + 4	29
13	2000	N + 4	29
14	2500	N + 4	29
15	3150	N + 4	29
16	4000	N + 4	29

Kurva perbandingan harga STC dapat ditentukan dengan mengikuti plot grafik kurva pada gambar 2.9. Referensi kurva ini dilakukan dengan membuat pola garis dari setiap nilai yang telah terplot pada sumbu x dan sumbu y.



Gambar 2.9 Grafik STC pada 25 dB

Untuk mendapatkan data yang sesuai dengan pendekatan yang diinginkan maka menurut standart yang ditetapkan oleh ASTM terdapat dua persyaratan yang harus dipenuhi yaitu pertama, dari data TL pada setiap frekuensi terhadap nilai TL referensi tersebut tidak lebih kecil dari -8 dB (harus > -8dB), dan kedua adalah total dari selisih data TL pengukuran dengan nilai TL referensi yang bernilai negatif tidak boleh lebih kecil dari -32 dB sedangkan selisih yang bernilai positif tidak perlu dijumlahkan.

Dari data yang didapatkan maka dapat dikategorikan nilai STC sesuai standart adalah sebagai berikut:

- a. 50-60 dB: sangat bagus sekali, suara keras terdengar lemah atau tidak sama sekali terdengar.
- b. 40-50 dB : sangat bagus, suara keras terdengar lemah.
- c. 35-40 dB : bagus, suara keras terdengar tetapi harus lebih didengarkan.
- d. 30-35 dB : cukup, suara keras cukup terdengar
- e. 25-30 dB: buruk, suara normal mudah atau jelas didengar.
- f. 20-25 dB : sangat jelek, suara pelan dapat terdengar.

(Indrawati,S.2015.Seminar Senin)

## 2.5 Pengukuran Ralat

Standart deviasi adalah nilai statistik yang digunakan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel, dan seberapa dekat titik data individu ke *mean* (rata-rata) pada nilai sampel. Sebuah standart deviasi dari kumpulan data sama dengan nol menunjukkan bahwa semua nilai-nilai dalam himpunan tersebut adalah sama. Sebuah nilai deviasi yang lebih besar akan memberikan makna bahwa titik data individu jauh dari nilai rata-rata. Standart deviasi sering disebut dengan simpangan baku (yang biasanya dilambangkan dengan huruf *s*). Formula yang digunakan untuk menghitung standart deviasi adalah:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \text{ atau } s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n-1}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Persamaan (2.14) dilakukan secara manual dengan perhitungan matematis dan memerlukan waktu lama. *Microsoft Excel* 2007 terdapat tool yang memudahkan dalam perhitungan standart deviasi secara manual. Dimana persamaan pada *excel* untuk standart deviasi adalah `=STDEV`. Gambar (2.10) menunjukkan ilustrasi pengolahan data standart deviasi menggunakan *excel*.

The screenshot shows the Microsoft Excel 2007 interface. The active worksheet is 'AVERAGE'. The formula bar displays `=STDEV(`. The data table is as follows:

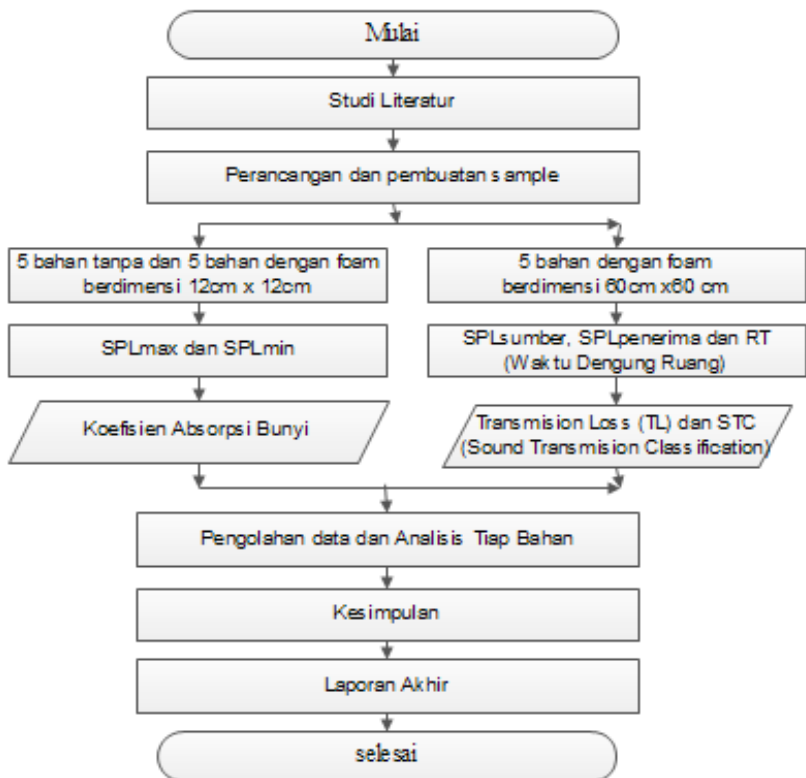
	A	B	C	D
1		<b>Data Pengamatan</b>		
2	<b>Nomor 1</b>	5		
3	<b>Nomor 2</b>	3		
4	<b>Nomor 3</b>	4		
5	<b>Nomor 4</b>	5		
6	<b>Nomor 5</b>	6		
7	<b>Nomor 6</b>	4		
8	<b>Nomor 7</b>	5		
9	<b>Nomor 8</b>	3		
10	<b>Nomor 9</b>	4		
11	<b>Nomor 10</b>	5		
12	<b>Σ</b>	<b>=STDEV(</b>		
13		<b>STDEV(number1; [number2]; ...)</b>		

Gambar 2.10 ilustrasi pengolahan data standart deviasi menggunakan excel

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Tahap-tahap Penelitian

Adapun tahap penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar3.1 Diagram alir metodologi penelitian



### 3.2. Studi Literatur

Pada tahap awal ini yang dilakukan adalah studi literatur. Hal ini dilakukan untuk memahami arah dan alur penelitian dan dapat mendukung proses pembuatan tugas akhir dari awal hingga penulisan laporan. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat menjadi acuan dalam melakukan analisis dan pembahasan. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, artikel, jurnal ilmiah serta internet.

### 3.3. Pengenalan Alat

Tahap ini bertujuan membahas fungsi dan karakteristik peralatan perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan dalam penelitian. Alat- alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- i. *Personal Computer* : merupakan perangkat keras berisi *software YMEC (Yoshimasa Electronic)* berfungsi sebagai pengolah data SPL. Didalam software ini terdapat aplikasi *Realtime Analyzer* yang berfungsi sebagai signal generator dan *FFT Analyzer*. *Signal generator* berfungsi sebagai pembangkit bunyi sedangkan *FFT Analyzer* berfungsi sebagai pengolah data.
- ii. Laptop : sebagai generator sumber bunyi dan pengolah bunyi yang diterima.
- iii. *SLM (Sound Level Meter)* : berfungsi sebagai mikrofon yang menangkap bunyi yang kemudian diolah perangkat lunak pada Laptop.
- iv. *Amplifier*: berfungsi sebagai penguat bunyi yang dikeluarkan dari laptop sebelum masuk ke dalam speaker.
- v. *Speaker*: berfungsi mengeluarkan bunyi yang berasal dari laptop setelah dikuatkan oleh amplifier.
- vi. Kotak terisolasi : berupa kotak sumur yang dirancang sedemikian rupa guna mengukur daya isolasi bahan.

- vii. Kawat penyelidik dan meteran : digunakan untuk mengatur jarak mikrofon dengan bahan uji.
- viii. Timbangan digital : digunakan untuk mengetahui massa perbandingan komposisi material bahan.
- ix. Blender/mixer : digunakan untuk mencampur material bahan menjadi homogen.
- x. Gelas ukur(maksimal 600ml) : untuk mengukur volume dari cairan agent foam.
- xi. Bak plastik : digunakan sebagai wadah pencampuran
- xii. Cetakan : sebagai tempat untuk mencetak material akustik yang telah dibuat. Digunakan ukuran 60cmx60cm untuk ukuran besar dan 3cmx3cm untuk ukuran kecil dengan ketebalan 12mm.
- xiii. Bahan perekat : digunakan sebagai bahan untuk merekatkan dan mengisi volume material akustik
- xiv. Limbah kulit kerang : digunakan sebagai bahan dasar pembuatan material akustik.
- xv. Gypsum: digunakan sebagai bahan perbandingan bahan material akustik.
- xvi. Mesin selep : digunakan untuk menghancurkan kulit kerang menjadi serbuk.
- xvii. Agent Foam : Cairan kimia yang berfungsi sebagai pembentuk porositas (foam-busa)

### **3.4 Perancangan dan Pembuatan Material Akustik**

#### **3.4.1. Pembuatan Sampel Limbah Kulit Kerang**

Pada tahap awal adalah pengambilan limbah kulit kerang yang berada di pesisir pantai kenjeran kecamatan Sukolilo Surabaya. Limbah kulit kerang hijau (*Perna viridis*) dicuci hingga bersih, ini tujuan perlakuan ini untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel di cangkang kulit kerang. Lalu dikeringkan dibawah sinar matahari atau diangin-anginkan. Setelah kering ditumbuk dulu dengan menggunakan alat keras seperti palu hingga diameter kulit kerang berukuran 3cmx3cm. Setelah itu,

dihancurkan menggunakan mesin selep agar menjadi serbuk. Setelah itu dilakukan penimbangan dengan komposisi yang dikehendaki.



Gambar 3.2. Proses Pengolahan Kulit kerang hijau menjadi serbuk kerang

#### 3.4.2. Pencampuran Perekat dan Pencetakan

Bahan pembuat pori seperti seperti agent foam sebanyak 21 gram dengan neraca digital ini dijadikan variabel tetap untuk ketebalan 12 mm dan dimensi bahan uji 60cmx60cm. Foaming agent ini dimasukkan ke dalam wadah bervolume 623,6 cm<sup>3</sup> dan ditambah dengan air sebanyak 1050 ml lalu diaduk hingga berbusa menggunakan mixer. Setelah mengembang lalu mixer tetap dinyalakan. Disamping itu dibuat campuran bahan dasar material akustik sebanyak 2100 gram dari limbah kulit kerang hijau(*Perna viridis*) dan gypsum. Ada 6 variasi komposisi yang digunakan yaitu bahan pertama kulit kerang 100%, bahan dua dengan komposisi kulit kerang 75% dan gypsum 25%, bahan ketiga dengan komposisi kulit kerang 50% dan gypsum 50%, bahan keempat dengan komposisi kerang 25% dan gypsum 75%, bahan kelima dengan komposisi kulit kerang 100. Lalu dari

campuran bahan dasar tersebut dicampur dengan bahan perekat merata dengan bubuk limbah kulit kerang .



Gambar 3.3. Proses Pembuatan bahan

### 3.4.3. Pencetakan bahan

Pada proses pencetakan, material campuran yang telah tercampur dimasukkan ke dalam wadah cetakan berdimensi 60cmx60cm. Kemudian material akustik tersebut diratakan hingga keseluruhan cetakan terisi, selanjutnya dipress dengan tutup cetakan selanjutnya cetakan diangkat dan bahan yang telah terbentuk didiamkan dengan suhu ruangan selama sekurang-kurangnya lebih dari 5x24 jam. Setelah proses pengeringan dilakukan dengan baik. Pengeringan ini dilakukan untuk mendapatkan bentuk yang kuat dari bahan material tersebut. Ini juga dilakukan untuk mengurangi kadar air yang tersimpan dalam bahan. Setelah itu sampel di simpan dalam suhu ruang kembali, kemudian dibentuk persegi berdimensi 60cmx60cm sesuai dengan diameter tabung sumur yang digunakan dalam proses pengujian.



Gambar 3.4. Proses Pencetakan bahan(a) dimensi 3cmx3cm dan (b) dimensi 60cmx60cm

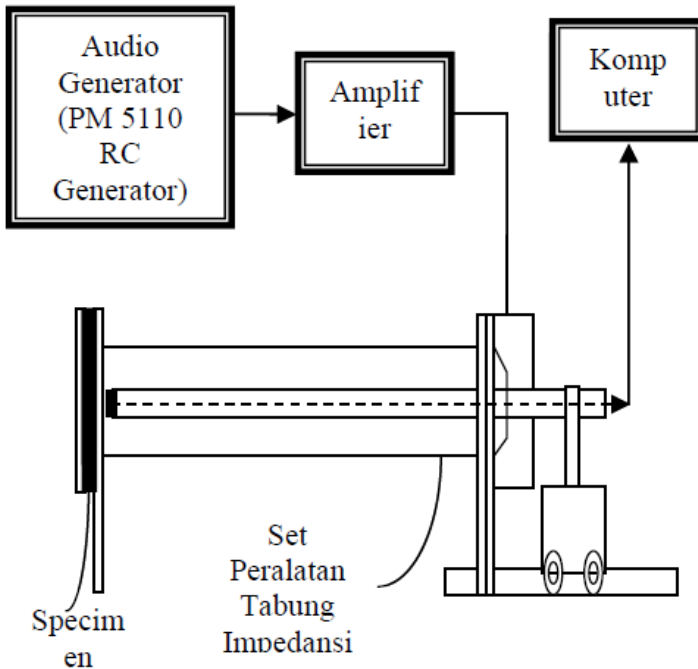
### 3.5. Metode Ukur

#### 3.5.1. Pengukuran dengan Tabung Impedansi

Tabung impedansi memiliki banyak versi dari bentuk silinder atau ukuran material sampel yang akan diuji. Pengukuran dilakukan dengan range frekuensi band oktaf. Untuk mengukur daya isolasi bahan, maka perangkat keras yang telah disebutkan maka dirangkai seperti gambar 3.2 sebagai berikut:

Metode pengukuran adapun langkah-langkahnya adalah sebagi berikut:

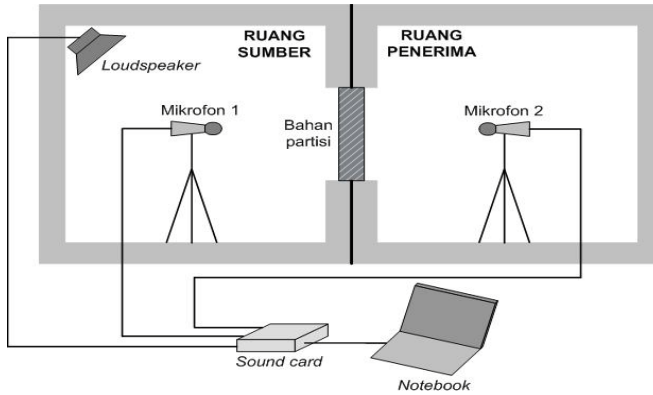
1. Menyiapkan alat dan bahan serta merangkainya sesuai dengan skema rangkaian seperti gambar 3.2.
2. Mengkalibrasi mikrofon SLM dengan Piston Rion.
3. Menguji bahan isolasi dengan frekuensi uji meliputi frekuensi pita oktaf 125 dB, 250 dB, 500 dB, 1000 dB, 2000 dB.
4. Menguji bahan sampel dengan variasi pemberian agent foam dan tanpa foam sebanyak masing-masing 5 sampel.
5. Mikrofon pada tabung impedansi digeser-geser hingga menunjukkan nilai terendah dan tertinggi pada SLM seperti pada gambar 3.5.
6. Didapatkan nilai dari SPLmax dan SPLmin pada saat satu kali pengambilan data.
7. Meghitung nilai dari koefisien absorpsi ( $\alpha$ ) pada masing-masing bahan uji



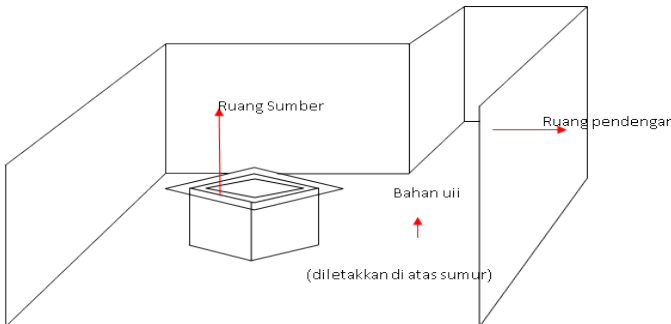
Gambar 3.5. Skema rangkaian Tabung Impedansi

### 3.5.2. Pengukuran dengan Kotak Persegi

Untuk mengetahui nilai dari parameter transmission loss (TL) dilakukan metode pengukuran kotak terisolasi. Kotak ini memiliki dimensi panjang 118 cm, lebar 118 cm dan tinggi 105 cm. Pengukuran akan dilakukan dengan range frekuensi band oktaf. Untuk mengukur daya isolasi bahan, maka perangkat keras yang telah disebutkan maka dirangkai seperti gambar 3.6 sebagai berikut:



Gambar 3.6. Skema ruang pengambilan data TL



Gambar 3.7. Ruang uji Lab Akustik Fisika FMIPA ITS

Metode pengukuran ini adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan serta merangkainya sesuai dengan skema rangkaian seperti gambar 3.6.
2. Kalibrasi mikrofon SLM dengan menggunakan Piston Rion.
3. Menguji bahan isolasi dengan frekuensi uji meliputi frekuensi 1 pita oktaf 125 dB, 250 dB, 500 dB, 1000 dB, 2000 dB.

4. Disiapkan bahan uji berdimensi 60cmx60cm. Dan bahan uji diletakkan pada mulut kotak persegi. Batas antara kotak persegi dan bahan uji diberi plastisin(malam).
5. Diukur nilai background noise pada ruang uji.
6. Sumber suara menggunakan white noise. Lalu diukur nilai  $SPL_{\text{sumber}}$  setelah adanya bahan uji.
7. Lalu diulangi pengukuran  $SPL_{\text{sumber}}$  pada setiap masing-masing bahan uji.
8. Setelah itu dukur pada ruang penerima sebagai  $SPL_{\text{penerima}}$ . Mikrofon diletakkan di titik tengah dengan jarak dari bahan 10cm.
9. Diukur juga RT(Waktu Dengung) ruang penerima pada masing-masing bahan uji.
10. Diulangi pengukuran  $SPL_{\text{penerima}}$  pada masing-masing bahan uji.
11. Lalu dihitung nilai dari transmission loss(TL).
12. Dan perhitungan dengan STC.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

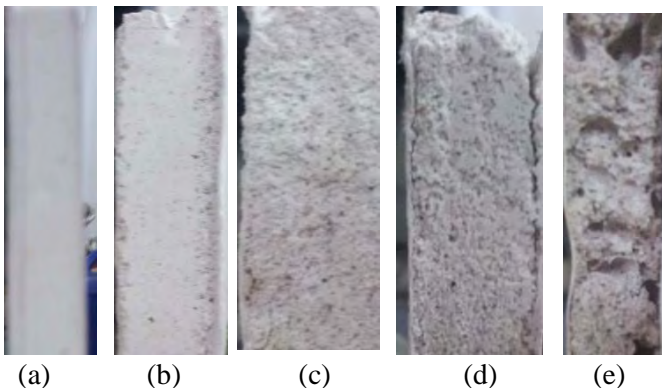
## BAB IV

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengukuran

##### 4.1.1 Uji koefisien absorpsi( $\alpha$ )

Alat yang digunakan dalam pengujian koefisien absorpsi adalah tabung impedansi sesuai standart ASTM. Sementara bahan uji memiliki dimensi 3cmx3cm, dengan ketebalan  $\pm 12$  mm. Bahan yang diuji terdiri dari gypsum dan bubuk kulit kerang hijau(*Perna viridis*) dengan perbandingan komposisi 1:2:3:4 yaitu bahan 1(gypsum 100% dengan massa 120 gram), bahan 2(gypsum 75% dengan massa 90 gram dan bubuk kulit kerang 25%), bahan 3( gypsum 50% dengan massa 60gram dan bubuk kulit kerang 60gram), bahan 4(bubuk kulit kerang 75% dengan massa 90 gram dan 25% gypsum) serta bahan 5(bubuk kulit kerang 100% dengan massa 120 gram. Dari komposisi dua bahan ini dibuat dua perbandingan, yaitu bahan yang menggunakan foam dan tanpa foam.



Gambar 4.1. Bahan uji  $\alpha$  dengan memakai agent foam (a) gypsum 100%, (b) 75% gypsum&25% Kulit kerang, (c) 50% gypsum&50% kulit kerang, (d) kulit kerang 75% &25% gypsum, (e) kulit kerang 100%



(a) (b) (c) (d) (e)

Gambar 4.2 bahan uji  $\alpha$  berdimensi 3cmx3cm tanpa foam (a) gypsum 100%, (b) 75%gypsum&25%Kulit kerang, (c) 50% gysum&50% kulit kerang, (d) kulit kerang 75%&25%gypsum, (e) kulit kerang 100%

Tujuan dari memberikan perilaku yang berbeda adalah karena untuk mengetahui pengaruh agent foam pada bahan uji. Sementara tabung impedansi yang dipakai adalah seperti gambar 4.3.a.b



Tabung  
Impedansi

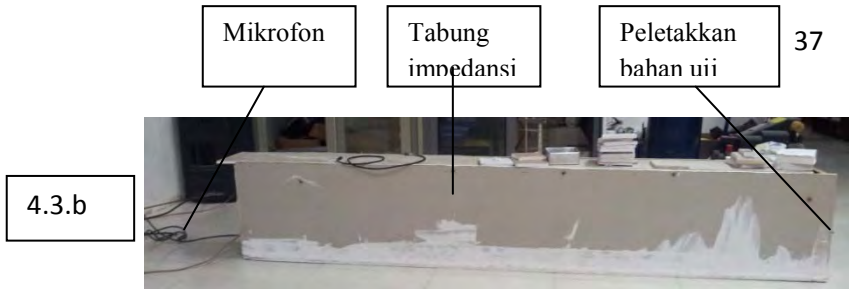
SLM

Laptop

Bahan uji

Amplifier

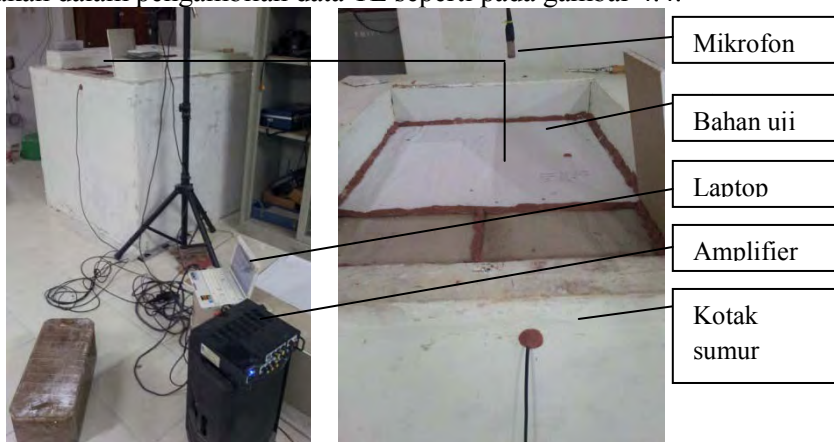
4.3.a



Gambar 4.3.(a) Peralatan pengambilan data. (b) Tabung impedansi untuk uji  $\alpha$

#### 4.1.2 Uji Transmission Loss(TL)

Bahan yang digunakan dalam pengujian *Transmission Loss* (TL) adalah bahan dengan variasi komposisi dan memiliki parameter tetap yaitu agent foam dan lem perekat. Dimensi bahan uji adalah 60cmx60cm dengan ketebalan  $\pm 12$  mm. Sehingga ada lima bahan yang diuji dengan prosentase komposisi sama halnya dengan bahan uji koefisien absorpsi bunyi. Dari kelima bahan uji terdapat perbedaan bila dilihat secara fisik yaitu pada bahan ke-5(kerang 100%) memiliki daya tahan yang kurang baik sehingga bahan ini sudah sekalikan rusak. Sedangkan bahan ke-4(25% gypsum dan 75% kerang) memiliki daya tahan yang paling baik bila dibandingkan dengan bahan lainnya. Adapun sumbu yang digunakan dalam pengambilan data TL seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Kotak sumur pengambilan data TL

Pada waktu pengambilan data TL dengan menggunakan kotak kubus berdimensi 113 cmx113cmx100cm. Kotak kubus ini dianggap sebagai ruang sumbu beraturan atau ruang *reverberant* yang memiliki distribusi bunyi yang sama sedangkan ruang di luar kotak kubus adalah ruang penerima yaitu ruang kelas pengajaran Laboratorium Instrumentasi A Kustik FMIPA IT S. Volume dari ruang uji adalah sebesar 146,07 m<sup>3</sup>. Saat pengukuran bahan uji, batas antaran bahan uji dan kotak persegi diberikan plastisin (malam), hal ini bertujuan untuk menghindari adanya kebocoran bunyi.

## 4.2. Data Hasil Pengukuran

Pengukuran bahan uji dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran Koefisien Absorpsi Bunyi ( $\alpha$ ) dan pengukuran Transmission Loss (TL). Adapun hasil data pengukuran adalah sebagai berikut:

### 4.2.1. Data Hasil Uji Koefisien Absorpsi

Selama dilakukan pengujian Koefisien Absorpsi bunyi ( $\alpha$ ) dalam tabung impedansi, maka output hasil pengujian berupa  $SPL_{maksimal}$  dan  $SPL_{minimal}$ . Pengukuran dilakukan secara manual dan secara otomatis menggunakan laptop. Maka, diperlukan proses *calibration* pada mikrofon dalam tabung. Ini dilakukan karena mikrofon yang digunakan saat pengambilan data berbeda pada SLM (*Sound Level Meter*). SPL yang diukur bergantung sumber yang dibangkitkan dan noise lingkungan sekitar, maka sangat penting terlebih dahulu mengukur besarnya tingkat bising sekitar (*background noise*). Pengukuran ini bertujuan untuk menghindari hasil pengukuran akibat bising sekitar. Background noise sebesar 56,8 dB. Nilai ini tidak berpengaruh terhadap nilai data yang didapatkan. Karena selisih antara SPL yang diterima > 10 dB. Jadi nilai background noise dapat diabaikan. Saat pengambilan data dilakukan pengulangan masing-masing frekuensi sebanyak 5 kali. Adapun data pengukuran  $\alpha$  pada berbagai masing-masing pengujian dapat dilihat pada tabel lampiran C.

#### 4.2.2. Data Hasil Uji *Trasmision Loss* (TL)

Data yang di dapatkan setelah melakukan pengukuran TL adalah data  $SPL_s$ ,  $SPL_p$  dan RT(Waktu dengung ruang) untuk masing-masing bahan uji. Data dari hasil pengukuran dapat dilihat pada lampiran C. Hasil pengujian dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Sebelum pengukuran dilakukan, *backgroundnoise* pada lingkungan pengukuran sebesar 48,56 dB. Data minimum yang didapatkan adalah sebesar 59,87 dB. Oleh karena itu background noise masih dapat ditoleransi karena nilainya  $> 10\text{dB}$ . Data pada uji Transmission Loss dapat dilihat pada tabel di halaman lampiran.

### 4.3. HASIL ANALISIS DATA

#### 4.3.1. Pengaruh Kerang Hijau(*Perna viridis*) terhadap ( $\alpha$ ) Koefisien Absorpsi Bunyi

Gypsum merupakan suatu material akustik yang digunakan sebagai bahan partisi yang baik, tetapi gypsum pada umumnya hanya memiliki nilai koefisien absorpsi sebesar 0,05 pada frekuensi 500 Hz(Mediastika, 2005). Hal ini menyebabkan gypsum cenderung bersifat *reflektif* yaitu (bunyi yang datang akan dipantulkan kembali ke sumber bunyi tersebut). Bila diterapkan pada ruang khusus seperti laboratorium, rumah sakit, studio dll, dapat mengganggu kenyamanan dalam ruang. Karena gypsum yang bersifat reflektif tersebut, maka dibuat suatu material akustik yang dapat menginsulasi bunyi dengan baik. Dibuat material akustik dengan syarat dapat menginsulasi bunyi dengan memiliki nilai koefisien absorpsi yang lebih besar dari gypsum pada umumnya. Penambahan material yang telah dilakukan adalah dengan penambahan bubuk kulit kerang hijau. Kulit kerang hijau memiliki porositas yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan kulit kerang lainnya(Chairunisah,Rizky, 2011). Bila porositas bahan material tinggi, maka dapat menyerap bunyi berfrekuensi tinggi, Sedangkan bila dibentuk lembaran-lembaran atau papan tipis atau sedikit memiliki permukaan

berpori, dan dapat menyerap bunyi dengan frekuensi rendah. Namun efisiensi akustiknya dari setiap material bergantung pada kondisi fisik material seperti ketebalan dan komposisi campuran, jumlah perekat, keberadaan lapisan dasar pada saat digunakan, dan cara lapisan digunakan (Doelle, Leslie, 1993). Komposisi bahan yang digunakan adalah bubuk kulkas erang hi jau dan gipsum untuk masing-masing bahan adalah sebesar 120 gram, lem atau perekat (lem rajawali) sebesar 3,2 gram, air 60ml, dan agent foam sebesar 1,2 gram. Komposisi material merupakan komposisi tetap, hanya saja variasi pemberian bahan kulkas erang hi jau (*Perna viridis*) dan gipsum yang dibuat adalah perbandingan 1:2:3:4.

Dilakukan pengukuran dengan menggunakan tabung impedansi sesuai standar ASTM. Setelah didapatkan data pengukuran  $SPL_{max}$  dan  $SPL_{min}$ , maka dapat dilakukan perhitungan koefisien absorpsi bunyi. Tekanan bunyi yang ditangkap mikrofon saat pengukuran dengan berbagai bahan uji merupakan bunyi yang memiliki bentuk gelombang longitudinal. Dengan asumsi SPL yang diterima adalah selisih besarnya  $SPL_{maks}$  dan  $SPL_{min}$ . Perhitungan koefisien absorpsi bunyi menggunakan persamaan (2.9) dapat diketahui nilai  $\alpha$ . Nilai  $\alpha$  yang menggunakan foam dan yang tidak menggunakan foam secara berturut-turut disajikan dalam tabel 4.1. dan tabel 4.2.

Tabel 4.1  $\alpha$  pada masing-masing bahan uji dengan agent foam

No	Frekuensi (Hz)	$\alpha$				
		bahan 1	bahan 2	bahan 3	bahan 4	bahan 5
1	125	0,483	0,383	0,564	0,762	0,510
2	250	0,243	0,245	0,304	0,389	0,486
3	500	0,191	0,154	0,154	0,350	0,187
4	1000	0,145	0,073	0,179	0,275	0,341
5	2000	0,121	0,158	0,124	0,142	0,186
6	4000	0,116	0,161	0,068	0,260	0,289

Tabel 4.2  $\alpha$  pada masing-masing bahan uji tanpa agent foam

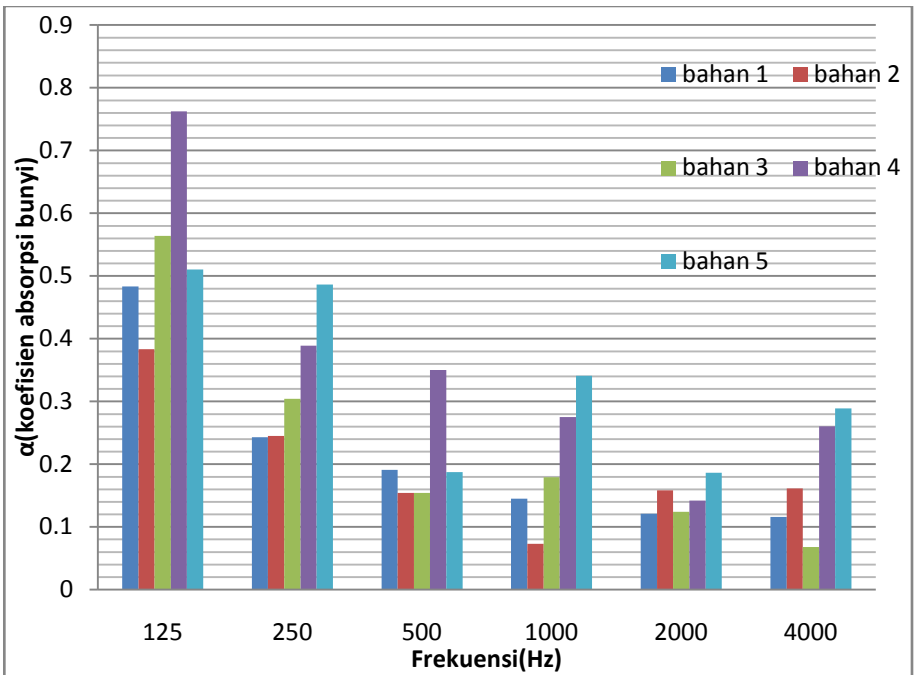
No	Frekuensi (Hz)	$\alpha$				
		bahan 1	bahan 2	bahan 3	bahan 4	bahan 5
1	125	0,385	0,311	0,458	0,518	0,396
2	250	0,189	0,187	0,225	0,234	0,246
3	500	0,234	0,184	0,147	0,176	0,090
4	1000	0,258	0,107	0,154	0,095	0,141
5	2000	0,111	0,073	0,150	0,124	0,127
6	4000	0,031	0,039	0,067	0,141	0,205

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa semakin kecil selisih antara  $SPL_{maks}$  dan  $SPL_{min}$ , maka nilai  $\alpha$  semakin besar. Ini karena material bahan akustik memiliki jaringan selular dengan pori-pori yang saling berhubungan, Energi yang datang menumbuk bagian permukaan bahan sehingga terjadi peristiwa tereksitasi, Bila bunyi dapat memasuki bahan maka energi bunyi diubah menjadi energi panas dalam pori-pori. Selain itu bunyi akan dijebak (*trapping*) pada kondisi tertentu. Selanjutnya sisa energi bunyi yang telah berkurang energinya dipantulkan kembali oleh permukaan bahan.

Dari gambar 4.5 dapat diketahui bahwa dari semua bahan uji bahan 1-5 menunjukkan bahan 2 untuk gipsum 75% dan kerang 25% tidak cukup signifikan memberikan nilai  $\alpha$  khususnya pada frekuensi 125 Hz, 250 Hz dan 1000 Hz. Bahan kerang 25% cenderung memiliki nilai  $\alpha$  yang cukup kecil bila dibandingkan dengan ke semua bahan uji yaitu pada frekuensi 125 Hz sebesar 0,382; 250 Hz sebesar 0,245 dan 1000 Hz sebesar 0,073 Hz. Namun bisa dilihat pada bahan 4 dan bahan 5. Bahan 4 dan bahan 5 cenderung memiliki nilai lebih besar dibandingkan bahan 1, 2 dan 3. Setiap perilaku bahan ini berbeda, Bahan 4 memiliki nilai besar pada frekuensi 125 Hz sebesar 0,762, dan 500 Hz sebesar 0,350. Sedangkan bahan 5 memiliki nilai yang besar pada



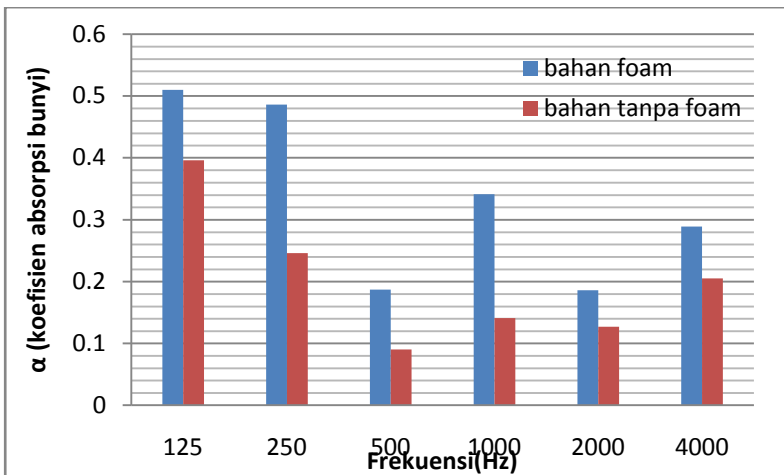
frekuensi 250Hz, 1000Hz, 2000Hz dan 4000Hz. Bahan kerang 100%(bahan 5) pada frekuensi 250Hz sebesar 0,389; 1000Hz sebesar 0,341; 2000Hz sebesar 0,186; dan 4000Hz sebesar 0,289. Berarti pemberian bahan bubuk kulit kerang hijau(*Perna viridis*) mampu meningkatkan nilai koefisien absorpsi bunyi( $\alpha$ ) dan optimal pada pemberian bubuk kulit kerang hijau pada prosentase 75%-100%, Maka bahan material akustik yang telah dibuat dengan prosentase bahan 4 dan bahan 5 dapat menyerap bunyi pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Hal ini karena bahan yang dibuat berbentuk lembaran (panel) dan memiliki porositas yang tinggi.



Gambar 4,5, Grafik batang perbandingan  $\alpha$  pada masing-masing bahan uji dengan pemberian foam

#### 4.3.2. Pengaruh Penambahan agent foam pada bahan uji terhadap ( $\alpha$ ) Koefisien Absorpsi Bunyi

Secara fisik bahan yang telah dicetak bila dan tanpa menggunakan agent foam sangat berbeda. Perbedaan ini terletak pada ketebalan dan porositasnya, bila menggunakan foam ketebalannya 12 mm sedangkan tanpa foam ketebalannya menyusut menjadi 8 mm. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak pemberian agent foam maka porositasnya semakin besar dan ketebalan bahan juga semakin meningkat. Pada tabel 4.1 dan tabel 4.2. merupakan tabel besarnya nilai koefisien absorpsi bunyi yang dihasilkan dari percobaan. Oleh karena itu, untuk dapat dibedakan hasilnya maka dibuat grafik seperti pada gambar 4.6. Gambar 4.6. menunjukkan bahwa bahan yang dicuplik sebagai sample adalah bahan 5 (kerang 100%). Misalkan pada frekuensi 125 Hz, nilai koefisien absorpsi lebih besar bila menggunakan agent foam. Bila menggunakan agent foam besar nilai  $\alpha_f$  sebesar 4,83 dan  $\alpha_{tf}$  sebesar 3,85. Jadi kesimpulannya adalah pemberian foam menyebabkan nilai  $\alpha$  semakin besar.



Gambar 4,6, Grafik perbandingan  $\alpha$  pada bahan 5 dengan menggunakan foam dan tanpa foam

#### 4.3.3. Pengaruh Agent Foam dalam Peningkatan $\alpha$

Untuk mengetahui lebih jelas mengenai pengaruh agent foam ditinjau dari perbedaan bahan uji bila diberi dan tanpa foam maka hanya dengan menyelisihkan nilai dari  $\alpha_f$  dengan  $\alpha_{nf}$ . Data dapat dilihat pada tabel 4.3. Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa nilai dari  $\Delta\alpha$  positif, hal ini menunjukkan bahwa nilai  $\alpha$  berbahan foam mampu meningkatkan nilai  $\alpha$ . Namun ada beberapa data frekuensi 500Hz dan 1000Hz pada bahan 1 (gypsum 100%), bahan 2 (gypsum 75% dan 25% kulit kerang hijau) serta pada frekuensi 2000Hz pada bahan 3 (50%gypsum dan 50%kulit kerang hijau) memiliki nilai negatif. Ini menunjukkan pada frekuensi ini, bahan tanpa foam mempunyai nilai  $\alpha$  lebih besar. Ada kecenderungan bahan mempunyai sifat dasar atau anomali tersendiri.

Bila diklasifikasikan maka  $\Delta\alpha$  paling besar pada bahan 4 (kulit kerang 75% dan gypsum 25%) pada frekuensi 125Hz sebesar 0,244. Sedangkan nilai  $\Delta\alpha$  paling rendah bahan 3 pada frekuensi 4000Hz yaitu sebesar 0,001. Secara keseluruhan bahan 4 lebih optimum memiliki nilai  $\Delta\alpha$  yang signifikan bila dibandingkan dengan bahan uji lainnya. Bila ditinjau dari fungsi penambahan kulit kerang hijau dari 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% nilai  $\Delta\alpha$  juga mengikuti kenaikan pada masing-masing frekuensi. Ini menunjukkan bahwa pemberian kulit kerang hijau dan agent foam mampu menaikkan nilai  $\alpha$  pada bahan uji.

Tabel 4.3. Tabel data hasil  $\Delta\alpha$  pada bahan uji

No	Frekuensi (Hz)	$\Delta\alpha$				
		bahan 1	bahan 2	bahan 3	bahan 4	bahan 5
1	125	0,098	0,072	0,106	0,244	0,114
2	250	0,054	0,058	0,079	0,155	0,240
3	500	-0,043	-0,030	0,007	0,174	0,097
4	1000	-0,113	-0,034	0,025	0,180	0,200
5	2000	0,010	0,085	-0,026	0,018	0,059
6	4000	0,085	0,122	0,001	0,119	0,084

#### 4.3.4. Pengaruh *Transmission Loss* (TL) pada masing-masing bahan uji

Data *Transmission Loss* didapatkan dengan mengukur nilai dari  $SPL_{\text{sumber}}$  dan  $SPL_{\text{penerima}}$ . Pada  $SPL_{\text{sumber}}$  adalah bunyi yang ditangkap oleh mikrofon di ruang sumber (kotak persegi/sumur). Sedangkan  $SPL_{\text{penerima}}$  adalah bunyi yang ditangkap oleh mikrofon pada ruang penerima (ruang kelas-Laboratorium Instrumentasi Akustik Fisika ITS). Posisi mikrofon diletakkan di tengah atas bahan uji, hal ini dilakukan agar bunyi yang ditangkap oleh mikrofon adalah bunyi langsung yang lolos setelah diberikan bahan uji. Apabila diletakkan pada posisi pinggir atau lainnya maka dikhawatirkan mikrofon mendapatkan bunyi tambahan berupa bunyi pantul pada bahan yang berada di ruangan tersebut. Diketahui bahwa waktu dengung setiap bahan uji berbeda-beda, ini disebabkan karena komposisi material bahan uji juga berbeda meskipun massa semua bahan uji adalah sama. Setelah didapatkan hasil SPLs dan SPLp maka dihitung selisih dari nilai SPLs dan SPLp yaitu disebut dengan TL (*Transmission Loss*) pada masing-masing bahan uji. Perhitungan TL digunakan persamaan (2.11), sebagai contoh untuk 125 Hz dengan digunakan bahan 1 dengan foam (gypsum 100%) adalah selisih dari  $SPL_s$  sebesar 85,95 dB dan  $SPL_p$  67,07 dB adalah 18,88 dB. Jadi TL dari bahan 1 pada frekuensi 125 Hz adalah sebesar 18,88 dB. Namun nilai dari TL setiap bahan uji juga berbeda (tabel 4,4). Dari tabel 4,4 divisualisasikan dengan adanya grafik (gambar 4,7).

Tabel 4.4. Tabel data hasil perhitungan TL pada masing-masing bahan

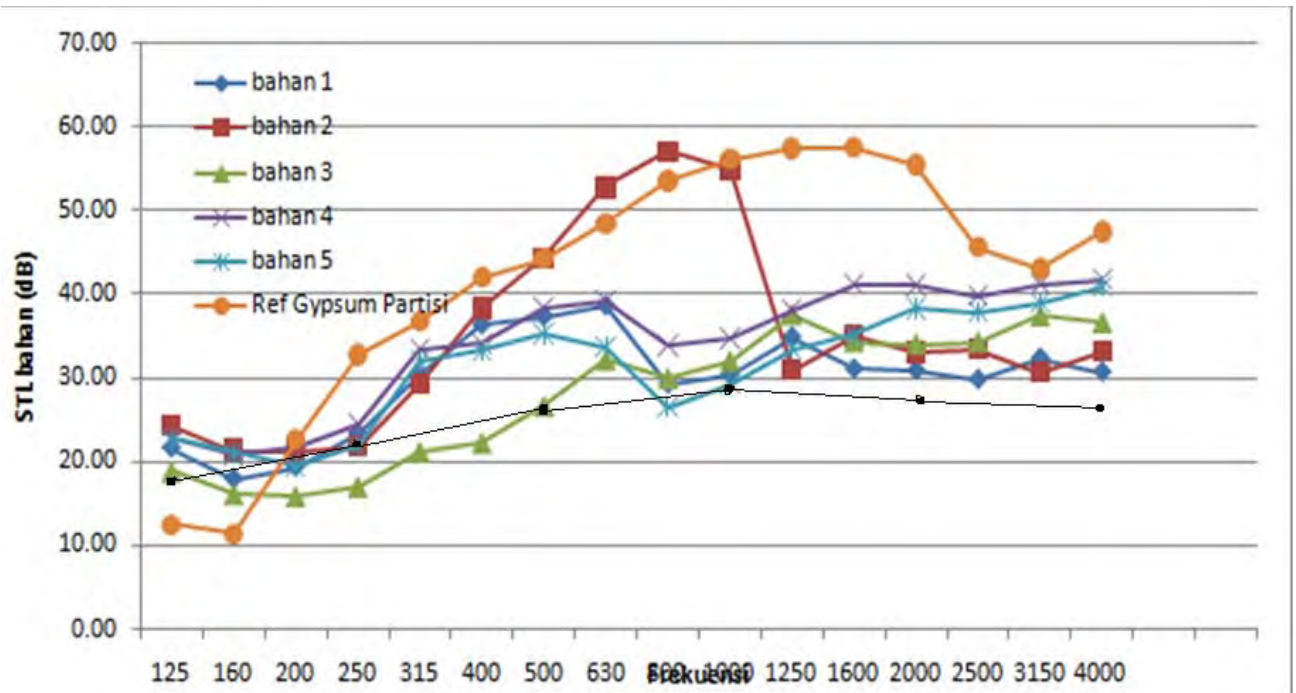
No	Frekuensi (Hz)	Transmission Loss (TL)				
		bahan 1	bahan 2	bahan 3	bahan 4	bahan 5
1	125	21,63	24,29	18,75	22,75	22,72
2	160	17,92	21,38	16,00	20,80	21,10
3	200	19,35	21,28	15,79	21,74	19,49

4	250	23,42	21,78	16,95	24,54	21,90
5	315	30,25	29,38	21,11	33,44	31,98
6	400	36,37	38,32	22,18	34,13	33,27
7	500	37,37	44,41	21,59	38,49	35,25
8	630	38,67	52,80	32,09	39,39	33,74
9	800	29,30	57,06	29,89	33,94	26,54
10	1000	30,40	54,90	31,95	34,74	29,28
11	1250	34,91	30,94	37,51	38,22	33,48
12	1600	31,09	35,03	34,25	41,31	35,23
13	2000	30,89	33,08	34,01	41,16	38,27
14	2500	29,83	33,39	34,27	39,92	37,87
15	3150	32,38	30,75	37,37	41,23	38,95
16	4000	30,74	33,15	36,56	41,78	40,88

Bahan 4 dan bahan 2, kedua bahan ini memiliki range frekuensi berbeda dalam meloloskan bunyi. Bahan 4( gypsum 25% dan 75 % kulit kerang) lebih baik meloloskan bunyi pada frekuensi 200Hz-315Hz sebesar 21,74 dB  $\pm$  33,44 dB dan pada frekuensi 1250Hz-4000Hz sebesar 38,22 dB  $\pm$  41,78 dB. Sedangkan bahan 2( gypsum 75% dan 25 % kulit kerang) lebih baik meloloskan bunyi pada frekuensi 125Hz - 160Hz sebesar 21,38 dB  $\pm$  24,29 dB dan frekuensi 400Hz - 1000Hz sebesar 38,32dB  $\pm$  57,06 dB. Semakin tinggi nilai dari *transmission loss*(TL). maka semakin bagus bahan tersebut dalam mereduksi bunyi ( Bpanel.com). Sehingga bahan 4 dan bahan 2 memiliki kemampuan dalam mereduksi bunyi yang baik. Namun bahan 3 memiliki nilai TL paling rendah pada frekuensi 125Hz - 630Hz. Pada bahan 1 juga paling rendah pada frekuensi tinggi di atas frekuensi 1600Hz - 4000Hz.

Pada masing-masing bahan uji pada bahan 1, bahan 2, bahan 3, bahan 4, dan bahan 5 memiliki pola yang sama yaitu mengalami penurunan pada frekuensi 125-160 Hz. Lalu naik dari frekuensi 160 Hz-630 Hz, turun lagi dari frekuensi 630 Hz-800

Hz, meningkat lagi dari frekuensi 800Hz hingga 1250Hz, sedangkan pada frekuensi di atas 1250 Hz mengalami konstan (cenderung stabil nilainya). Dari kelima bahan uji ada 1 bahan uji yang mengalami anomali pola kontur yaitu pada bahan uji 2 dengan komposisi 25% kulit kerang dan 75%. Bahan 2 sangat ekstrim nilai penurunannya pada frekuensi 1000 Hz-1250 Hz. Pada bahan 3 memiliki nilai plot terendah pada frekuensi 125Hz-630 Hz. Pada bahan 4 lebih cenderung memiliki pola yang sangat stabil dan baik bila dibandingkan dengan bahan uji lainnya. Bila kesemua bahan uji dibandingkan dengan nilai gypsum referensi yang didapatkan, maka nilainya sangat berbeda. Pada gypsum referensi partisi nilainya sangat besar, kontur pola grafiknya pada lingkar. Kontur pola bahan 2 hampir mendekati kontur grafik gypsum partisi pada range 400Hz-1000Hz. Pada gypsum referensi single, kontur pola grafiknya di bawah nilai dari bahan uji. Bahan 3 (gypsum 50% dan serbuk kerang hijau 50%) memiliki nilai yang hampir mendekati pola kontur gypsum single pada frekuensi rendah <1000Hz. Sedangkan pada frekuensi >1000Hz kontur nilainya memiliki nilai terendah daripada kontur bahan uji lainnya. Dalam perbandingan nilai ini dapat disimpulkan bahwa bahan uji memiliki nilai TL lebih besar bila dibandingkan dengan bahan gypsum referensi. Meskipun bahan 3 masih belum optimal untuk menaikkan nilai TL pada frekuensi <400Hz.



Gambar 4.7 Grafik TL pada masing-masing bahan

#### 4.3.5. Pengaruh antara TL dengan STC

Harga Transmission Loss digunakan untuk mendapatkan nilai STC (Sound Transmission Loss). STC merupakan rugi transmisi suara pada bahan yang telah dibuat. Untuk memudahkan dalam menentukan besaran ini lainnya maka dibutuhkan data tunggal yaitu STC. Nilai ini ditetapkan oleh ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Dalam mendapatkan nilai STC pada setiap bahan uji, maka dibuat sebuah grafik hubungan silang pengukuran TL (*Transmission Loss*) dibandingkan dengan kurva-kurva STC standar, kemudian dicari kurva STC yang paling mendekati. Pada bagian kurva STC standar memiliki perbandingan antara frekuensi (Hz) pada sumbu axisnya (x), dan nilai-nilai TL referensi pada sumbu axis (y), Sebagai acuan penentuan nilai TL referensi adalah pada frekuensi 500 Hz. Setelah didapatkan nilai dari TL pada setiap frekuensi, lalu dilihat pada frekuensi 500 Hz sebagai nilai STC yang dicari. Sebagai contoh untuk menentukan nilai STC pada bahan 1 dapat dilihat pada tabel 4.5. diperlihatkan selisih angka TL dengan STC. Pada standar ditetapkan bahwa frekuensi acuan pada frekuensi 500 Hz adalah STC-N sebesar 31 dB sehingga kurva standar yang digunakan pembandingan adalah STC 25.

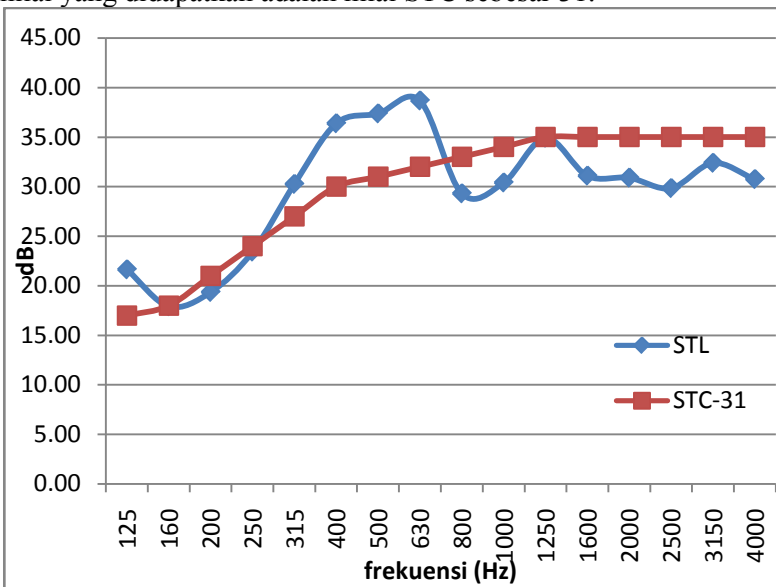
Tabel 4.5. Hasil perbandingan nilai TL dan STC pada bahan 1

No	F[Hz]	TL	STC	(TL-STC)
1	125	21,63	17	4,63
2	160	17,92	18	-0,08
3	200	19,35	21	-1,65
4	250	23,42	24	-0,58
5	315	30,25	27	3,25
6	400	36,37	30	6,37
7	500	37,37	31	6,37
8	630	38,67	32	6,67
9	800	29,30	33	-3,70



10	1000	30,40	34	-3,60
11	1250	34,91	35	-0,09
12	1600	31,09	35	-3,91
13	2000	30,89	35	-4,11
14	2500	29,83	35	-5,17
15	3150	32,38	35	-2,62
16	4000	30,74	35	-4,26
Jumlah (TL-STC)				-29,76

Dari hasil perbandingan didapatkan perbandingan ( $TL-STC > -8$  dB) yaitu dapat diketahui ini lainnya sebesar -4,26dB dan total selisih dari TL terhadap nilai STC-31 yang bernilai negatif tidak lebih kecil dari -32dB yaitu hanya sebesar -29,76dB, Sehingga nilai yang didapatkan adalah nilai STC sebesar 31.

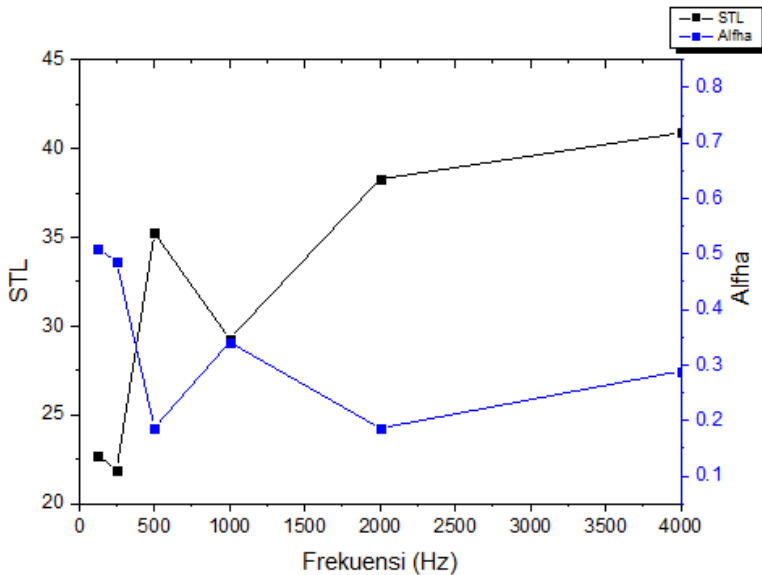


Gambar 4.8 Kurva Transmission Loss bahan 1(gypsum 100%) STC 31

Apabila nilai *Transimisiion Loss*(*TL*) tinggi, maka semakin baik bahan tersebut dalam mereduksi bunyi (Prasetyo, Lea.1993). Nilai *TL* (*Transmission Loss*) berbanding lurus dengan nilai *STC*. Maka bila nilai *STC* tinggi, maka bahan tersebut juga memiliki kualitas baik dalam meyerap bunyi. Dari tabel 4.6 menunjukkan bahwa semua bahan kecuali bahan 3 memiliki nilai *STC* baik. Bahan 4 memiliki nilai *STC* paling besar yaitu 37. Nilai ini termasuk rentang pada nilai *STC* 35-40 yang menunjukkan kategori bagus yaitu suara keras terdengar tetapi harus lebih didengarkan (Indarwati, susilo, 2015). Sedangkan bahan 1, 2, dan 5 termasuk kategori cukup yaitu suara keras cukup terdengar, bahan yang paling jelek adalah bahan 3 yang memiliki nilai *STC* sebesar 27. Nilai 27 ini menunjukkan bahwa suara normal masih mudah dan jelas terdengar, maka bahan ini kurang efektif dalam mereduksi bunyi. Nilai *STC* gy psum refrenesi pada single layer adalah sebesar 26 (owenscorning.2004). Bila dibandingkan dengan hasil *STC* bahan uji, maka memiliki peningkatan nilai *STC* yang baik. Prosentase kenaikan *STC* pada bahan 1 adalah sebesar 1,19% dengan  $\Delta 5$ , bahan 2 sebesar 1,26% dengan  $\Delta 7$ , bahan 4 sebesar 1,42% dengan  $\Delta 11$ , dan bahan 5 sebesar 1,23% dengan  $\Delta 6$ . Sedangkan bahan 3 mengalami penurunan *STC* terhadap *STC* referensi sebesar 1,04% dengan  $\Delta 1$ . Dengan demikian prosentase kenaikan yang paling optimal pada penambahan serbuk kulit kerang dengan prosentase 75%. Dan bahan 3 dengan komposisi 50% tidak cukup memenuhi kriteria.

#### 4.3.7. Hubungan antara *TL* dan $\alpha$

Apabila bahan uji memiliki koefien absorpsi bunyi baik, maka bunyi akan diloloskan ke sisi permukaan lainnya. Sehingga nilai koefisien transmisinya juga besar, Gambar 4.9 menunjukkan bahwa garis hitam merupakan kontur dari nilai *TL* sedangkan garis biru menunjukkan kontur nilai koefisien absorpsi bunyi ( $\alpha$ ),



Gambar 4.10. Grafik Hubungan antara TL dengan  $\alpha$  pada bahan 3

Bahan yang dicuplik adalah bahan 3 yang merupakan bahan 50% gypsum dan 50% kulit kerang hijau (*Perna viridis*). Pada gambar 4.10 menunjukkan bahwa pada frekuensi 125-250 Hz dan 2000Hz-4000Hz cenderung sama yaitu semakin besar nilai dari  $\alpha$  maka semakin besar nilai TL. Pada frekuensi 500-2000Hz yaitu hubungan terbalik yaitu pada range frekuensi 250Hz-500Hz  $\alpha$  meningkat, namun TLnya turun. Sedangkan pada frekuensi 500Hz-2000Hz, TL nilainya naik namun  $\alpha$  turun.

Gambar 4.8. menunjukkan bahwa kontur yang menunjukkan standart kontur STC adalah berwarna merah. Sedangkan kurva berwarna biru adalah plot dari TL (*Transmission Loss*) yang didapatkan dari hasil pengukuran bahan uji 1 (gypsum 100%). Dari kurva transmision Loss pada bahan 1 (gypsum 100%) dapat diketahui bahwa garis antara dua kurva yaitu kurva *transmission loss* berhimpit pada kurva standart STC pada nilai 31 dB. Sehingga jelas bahwa gypsum 100% dengan tebal 12mm dinyatakan memiliki nilai STC-31. Kontur STC pada gambar 4,6 terbagi menjadi 3 bagian yaitu bagian frekuensi rendah (125Hz-400Hz) dengan kenaikan TL sebesar 13 dB, bagian frekuensi menengah (400Hz-1250 Hz) sebesar 5 dB dan bagian frekuensi tinggi (>1250Hz) tidak mengalami kenaikan nilai TL. Sesuai dengan ketentuan dari ASTM seharusnya kontur STC pada frekuensi rendah (125Hz-400Hz) dapat mengalami kenaikan nilai TL hingga 15 dB, namun yang didapatkan hanya sebesar 13 dB. Terdapat perbedaan nilai ini mungkin disebabkan oleh sistem konstruksi bahan yang dipengaruhi oleh kemampuan bahan dalam menghalang bunyi, massa bahan uji, kekakuan bahan uji serta redaman internal bahan uji dalam menyerap bunyi datang.

Bahan uji 2 dengan komposisi gypsum 75% dan 25% kulit kerang hijau dapat dilihat pada gambar E.1. (lampiran E) memiliki osilasi yang paling jelek bila dibandingkan dengan grafik lainnya. Tabel nilai hasil pengukuran dapat dilihat pada lampiran D. Bila diambil garis perpanjangan pada frekuensi 500 Hz didapatkan nilai STC sebesar 33. Sedangkan pada gambar E.2 (lampiran E), pada bahan uji 3 dengan komposisi 50% kerang dan 50% gypsum didapatkan nilai STC sebesar 35. Pada gambar E.3 (lampiran E) pada bahan uji 4 dengan komposisi 75% kerang dan 25% gypsum didapatkan nilai STC sebesar 37. Pada gambar E.4 (lampiran E) merupakan grafik TL yang hampir semua nilainya mendekati nilai STC referensi, sehingga grafik ini adalah grafik paling baik bila dibandingkan dengan grafik lainnya. Dan pada gambar E.5 (lampiran E) pada bahan uji 5 dengan komposisi kerang 100% didapatkan nilai STC sebesar 32 dB.

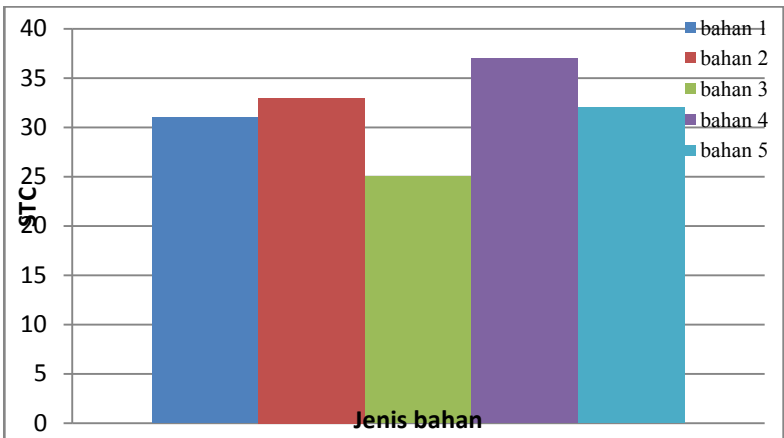
4.3.6. Pengaruh STC pada masing-masing bahan uji

Setelah didapatkan data TL maka diperlukan nilai tunggal untuk mendapatkan nilai kemampuan rata-rata yang mewakili nilai bahan dalam mereduksi bunyi dari berbagai frekuensi. Dengan menggunakan tabel 2,1 maka didapatkan data STC sebagai berikut:

Tabel 4.6. Nilai STC pada masing masing bahan uji

No	JENIS BAHAN	STC (dB)
1	bahan 1 (Gypsum 100%)	31
2	bahan 2 (Gypsum 75% & kulit kerang 25%)	33
3	bahan 3(Gypsum 50% & kulit kerang 50%)	25
4	bahan 4 (Gypsum 25% & kulit kerang 75%)	37
5	bahan 5 (Kulit kerang 100%)	32

Untuk memudahkan dalam menganalisis, maka data dari tabel 4.6 dapat divisualisasikan secara grafik batang pada gambar 4.8 sebagai berikut:



Gambar 4.9. Grafik batang hubungan antara nilai STC dengan jenis bahan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil percobaan dengan judul “Analisis Perbandingan Komposisi Material Akutik Serbuk Kulit Kerang Hijau (*Perna viridis*) serta Agent Foam Untuk Peningkatan Insulasi Dan Daya Absorpsi Bunyi” maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Bahan 4(75% kulit kerang hijau dan 25% gypsum) paling efektif menaikkan nilai  $\alpha$  pada frekuensi 125Hz dan 500Hz. Sedangkan bahan 5(100% kulit kerang) pada frekuensi 250Hz dan frekuensi  $\geq 1000$ Hz.
2. Pemberian agent foam sebesar 1,2 gram mampu menaikkan ketebalan bahan  $\Delta 4$ mm dan mampu menaikkan nilai  $\alpha$  hingga  $\Delta 0,244$  .
3. Kontur pola TL pada masing-masing bahan uji memiliki kesamaan, hanya bahan 2 (75%gypsum dan 25% kulit kerang hijau) yang memiliki anomali.
4. Kontur STC terbagi menjadi 3 bagian yaitu bagian frekuensi rendah(125Hz-400Hz) dengan kenaikan TL sebesar 13 dB, bagian frekuensi menengah(400Hz-1250Hz) sebesar 5dB dan bagian frekuensi tinggi (>1250Hz) tidak mengalami kenaikan nilai TL.
5. Bahan 4(gypsum 25% dan kulit kerang hijau 75%) mempunyai nilai STC tertinggi sebesar 37dB dengan prosentase kenaikan 1,42% dengan  $\Delta 11$  yaitu baik sebagai insulator bunyi karena suara keras tidak diperjelaskan.
6. Penambahan material serbuk kulit kerang hijau (*Perna viridis*) mampu menjadi bahan insulasi bunyi yang tidak reflektif.

## 5.2 Saran

Saran dari percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan uji kuat material bahan pada masing-masing bahan uji. Hal ini dikarenakan untuk menguji ketahanan dan kekuatan dari bahan agar tidak rapuh.
2. Diperlukan analisis mengenai bahan 2 dan bahan 3 lebih lanjut.
3. Perlu dilakukan penelitian mengenai kerang dengan spesies berbeda dari kerang hijau (*Perna viridis*).

## DAFTAR PUSTAKA

- A.Maria.2011.”Acoustic Absorption in Porous Materials”. NASA. Ohio.
- Ansarullah,Ferdy.2012.Skripsi”Pembuatan alat ukur daya isolasi bahan”.ITS.Surabaya.
- Armando,Arif.dkk. 2013. “Pemanfaatan Limbah kulit kerang simping menjadi elemen estetika bangunan”. Artikel ilmiah Universitas Brawijaya. Malang
- Barnes RD.1980. Invertebrata Zoology. Saunders Collage. Fourth Edition.
- Chairunisah,Rizky. 2011. ‘Karakterisasik Asam Amino daging kerang tahu (Meretrix Meretrix), Kerang salju (Pholas dactylus) dan Keong Macan (Babylonia spirata).IPB. Bogor.
- Colx.T.J and P. D’antonio. 2004. Accoustic Absorber and Diffusers, Spon Press
- Douglas MC,1974. “Chemical and Process Technology Encyclopeda. McGraw-Hill Book, Company,USA
- Hambally,Alpha.2013.Skripsi”Pengaruh penambahan bahan redam terhadap kebocoran pada alat ukur daya isolasi bahan.ITS.Surabaya.



- Hamdri, 2005. “Perancangan dan Pembuatan Tabung Impedansi Sebagai Alat Ukur Koefisien Absorpsi Buni Suatu Bahan”. Skripsi. ITS. Surabaya.
- Indrawati,Susilo. 2015.”Papan Dinding Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) Berlapis Sebagai Alternatif Partisi(noise barrier) untuk pengendali Kebisingan”. Seminar Senin Fisika ITS. Surabaya.
- Irawan,Rifky dkk. 2011. “Analisis Parameter Akustik pada panel berbahan baku kertas duplex sebagai alternatif pelapis dinding.Universitas Telkom.Bandung
- Irwan, Yusril. 2013. “Pembuatan dan Uji Karakteristik Akustik Komposit Papan Serat Sabut Kelapa”. Institut Teknologi Nasional Bandung. Bandung
- Kastawi, Yusuf. 2008. Zoologi Avertebrata. Malang: Jica.
- Mediastika, Christina.2008.”Kualitas akustikpanel dinding berbahan baku jerami”.Dimensi.Yogyakarta.
- Mediastika, Christina. 2005. “Akustika Bangunan-Prinsip dan penerapannya di Indonesia”. Erlangga. Jakarta.
- Morris PA.1973. A Field Guide to the Shells. Boston: Peabody Museum of Natural History:Yale University. Houghton Mufflin Company.
- Muehleisen R.T. 2007. Measurement of the Accoustic Properties of Accoustic Absorbers. Illinois Institute of Technology

- Nadjib, M. 2008. “Studi Pemanfaatan Kulit Kerang sebagai bahan penyusun pada pembuatan lem kaca”. Berk.Penel.Hayati:13(153-156)
- Owenscorning. 2004 ‘Noise Reduction’. Pub.No.0000.USA.
- Palache, C., H. Berman, and C. Frondel (1951) Dana’s system of mineralogy, (7th edition), v. II, 482–486.
- Prasetio, Lea. Terjemahan “Akustik Lingkungan Leslie L. Doelle”. 1993. Erlangga. Jakarta.
- Prasetyo,Lukito. 2009. “Daktilitas Dinding Panel Semen Eceng Gondok(Emen Wall). Jurnal Teknik Industri Vol.10 No,2, Agustus. 136-141. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Ries,Tiara. 2011. Skripsi “Studi awal pengukuran koefisien hamburan pada diffuser maximum length sequences 1100101110”.ITS.Surabaya
- Russell,Daniel A. “Absorption Coefficient and Impedance”. Science and Mathematics Departement, Kettering University, Flint, MI, 48504.
- Satyajeet.P. 2014. “Development of low cost Impedance tube to measure acoustic absorption and transmisson loss of materials”. Indianpolis. USA.
- Sriwigiyatno,Kentut. 2006. Skripsi”Analisis Pengaruh Kolom Udara Terhadap Nilai Koefisien Serapan Bunyi Pada Dinding Partisi Menggunakan Metode Tabung Impedansi Dua Mikrofon” Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Suptandar,J. Pamudji. 2004. “Faktor Akustik dalam Perancangan Desain Interior, Djambatan, Jakarta.

Tipler, Paul. A. 1998. “Fisika Untuk Sains dan Teknik, Erlangga. Jakarta.

Wellviestu,Keysha.2015.Skripsi” Pengaruh Variasi Jenis Bahan Terhadap Pola Hamburan pada Difuser MLS (*Maximum Length Sequences*) Dua Dimensi”.ITS.Surabaya.

Wuri,Antonia Anjayani. 1989. Skripsi”Pembuatan Tabung Impedansi Untuk Pengukuran Koefisien Absorpsi Bunyi Normal”.ITS.Surabaya

.

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN A</b>	Penurunan Rumus $\alpha$ .....61
<b>LAMPIRAN B</b>	Penurunan Rumus TL.....69
<b>LAMPIRAN C</b>	Hasil data pengukuran $\alpha$ .....79
<b>LAMPIRAN D</b>	Data hasil Uji <i>Transmission Loss</i> .....89
<b>LAMPIRAN E</b>	Hasil Pengolahan Data .....93
<b>LAMPIRAN F</b>	Pipa Organa.....101

*”Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN A

### PENURUNAN RUMUS $\alpha$

#### A.1 HUBUNGAN KOEFISIEN ABSORPSI BUNYI NORMAL DENGAN IMPEDANSI AKUSTIK

Tekanan gelombang yang datang dari kiri ke kanan pada permukaan batas dua amedium dinyatakan oleh:

$$P_i = A_i e^{j(\omega t - k_1 x)}, \dots \dots \dots (I.1)$$

Sedang tekanan gelombang refleksi:

$$P_r = A_r e^{j(\omega t + k_1 x)}, \dots \dots \dots (I.2)$$

Dan gelombang yang ditransmisikan:

$$P_t = A_t e^{j(\omega t - k_2 x)}, \dots \dots \dots (I.3)$$

Dimana  $A_i$ ,  $A_r$ , dan  $A_t$  adalah amplitudo gelombang datang, refleksi, dan tranmisi.

Pada bidang batas ( $x=0$ ), berlaku:

$$P_t = P_i + P_r, \dots \dots \dots (I.4)$$

$$A_t e^{j(\omega t - k_2 x)}$$

$$A_t e^{j\omega t} = A_i e^{j\omega t} + A_r e^{j\omega t} \dots \dots \dots (I.5)$$

$$A_t = A_i + A_r$$

Kecepatan partikel gelombang datang, refleksi, dan transmisi dinyatakan sebagai:

$$U_i = \frac{P_i}{\rho_1 c_1}, \quad U_r = \frac{P_r}{-\rho_1 c_1}, \quad U_t = \frac{P_t}{\rho_2 c_2}, \dots \dots (I.6)$$

Pada bdang batas ( $x=0$ ) berlaku;

$$U_i = U_r + U_t, \dots \dots \dots (I.7)$$

Substitusi persamaan (I.6) ke persamaan (I.7); diperoleh:

$$\frac{P_i}{\rho_1 c_1} - \frac{P_r}{\rho_1 c_1} = \frac{P_t}{\rho_2 c_2} \dots \dots \dots (I.8)$$

Substitusi harga  $P_i$ ,  $P_r$ , dan  $P_t$  dari persamaan (I.1), (I.2), dan (I.3) ke dalam persamaan (I.8) untuk  $x=0$ , maka persamaan (I.8) menjadi:

$$\frac{A_i}{\rho_1 c_1} - \frac{A_r}{\rho_1 c_1} = \frac{A_t}{\rho_2 c_2} \dots \dots \dots (I.9)$$

Substitusi harga  $A_t$  dari persamaan (I.5) ke persamaan (I.9), kemudian ruas kiri dan kanan dikalikan dengan  $\rho_1 c_1 \rho_2 c_2$ , diperoleh:

$$A_i \rho_2 - A_r \rho_2 c_2 = (A_i + A_r) \rho_1 c_1$$

$$A_r (\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1) = A_i (\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1)$$

Atau:

$$\frac{A_r}{A_i} = \frac{(\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1)}{(\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1)} \dots \dots \dots (I.10)$$

$$E_i = \frac{A_i^2}{\rho c} \quad \text{dan} \quad E_r = \frac{A_r^2}{\rho c},$$

Sehingga koefisien refleksi:

$$R = \frac{E_r}{E_i} = \frac{A_r^2}{A_i^2} \dots \dots \dots (I.11)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (I.10) ke persamaan(I.11), maka diperoleh koefisien koefisien bunyi pantul:

$$R = \frac{(\rho_2 c_2 - \rho_1 c_1)^2}{(\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1)^2} = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2} \dots \dots \dots (I.12)$$

Dengan mengeliminasi harga  $A_r = A_t - A_i$  ke persaman (I.9),kemudian ruas kiri dan kanan dikalikan dengan  $\rho_1 c_1 \rho_2 c_2$ , maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \rho_2 c_2 A_i - (A_t - A_i) \rho_2 c_2 &= \rho_1 c_1 A_t \\ A_t (\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2) &= 2 \rho_2 c_2 A_i \\ \frac{A_t}{A_i} &= \frac{(2 \rho_2 c_2)}{(\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1)} \dots \dots \dots (I.13) \end{aligned}$$

Dengan mengingat  $E_t = \frac{A_t^2}{\rho_2 c_2}$ ,

Maka koefisien transmisi :

$$T = \frac{E_t}{E_i} = \frac{\frac{A_t^2}{\rho_2 c_2}}{\frac{A_i^2}{\rho_2 c_2}}$$

Atau:

$$T = \frac{\rho_1 c_1}{\rho_2 c_2} = \frac{A_t^2}{A_i^2} \dots \dots \dots (I.14)$$

Substitusi persamaan (I.13) ke persamaan (I.14),diperoleh:

$$\begin{aligned} T &= \frac{4 \rho_1 c_1 \rho_2 c_2}{(\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2)^2} \\ T &= \frac{4 Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} \end{aligned}$$

Bagian yang ditransmisikan ini akan habis pada ketebalan bahan yang tak terhingga, sehingga dalam hal ini koefisien absorpsi normalnya:

$$\alpha_n = \frac{4 Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} \dots \dots \dots (I.15)$$

Bila medium pertama udara, maka rumus(I.15) diatas menjadi:

$$\alpha_n = \frac{4 \rho_0 c_1 Z_2}{(\rho_0 c_1 + Z_2)^2} \dots \dots \dots (I.16)$$

Karena  $\alpha = 1 - R$ , maka dengan substitusi persamaan (I.12) ke  $\alpha_n = 1 - R$  dihasilkan rumus koefisien absorpsi normal dalam bentuk lain,yaitu:

$$\alpha_n = 1 - \left| \frac{z_2 - \rho_0 c_1}{\rho_0 c_1 + z_2} \right|^2 \dots\dots\dots (I.17)$$

Dengan

$z_1$  = impedansi akustik medium pertama, dalam hal ini adalah udara, sehingga  $z_1 = \rho_0 c_1$  dengan  $\rho_0$  adalah kerapatan udara, dan  $c_1$  cepat rambat bunyi di udara.

$z_2$  = impedansi akustik medium kedua yaitu bahan yang mempunyai koefisien absorpsi normal  $\alpha_n$ .



## LAMPIRAN II

### KECEPATAN PARTIKEL DAN TEKANAN GELOMBANG BUNYI DI DALAM TABUNG

Perambatan gelombang bunyi di dalam tabung tertutup dapat dipelajari dengan mengambil contoh tabung tertutup yang salah satu ujungnya ditutup dengan piston yang dapat berosilasi sebagai pembangkit gelombang.

Misalkan gelombang yang dihasilkan merambat sepanjang sumbu  $x$ , maka persamaan diferensial kecepatan partikel gelombang satu dimensi adalah:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{c} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \dots\dots\dots (II.1)$$

Dengan  $c$  adalah kecepatan rambat gelombang bunyi. Sehingga solusi dari persamaan (II.1) adalah:

$$P_i = A \sin(\omega t + kx) \dots\dots\dots (II.2)$$

Dengan  $A$  merupakan Amplitudo gelombang datang yang mempunyai  $\omega = 2\pi f$ . Dan bila ada gelombang yang dipantulkan maka:

$$P_r = B \sin(\omega t - kx - kl - \theta) \dots\dots\dots (II.3)$$

Maka diperoleh tekanan bunyi total di titik  $M$  (ujung probe mikrofon) adalah

$$P = A \sin(\omega t + kx) + B \sin(\omega t - kl - kx - \theta) \dots\dots\dots (II.4)$$

Besarnya tekanan gelombang bunyi total tersebut dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Dimisalkan:

$$\vec{A} = A \sin(\omega t + kx)$$

$$\vec{B} = B \sin(\omega t - kl - kx - \theta), \text{ maka penjumlahan vektornya adalah:}$$

$$\vec{P} = \vec{A} + \vec{B}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} |\vec{P}|^2 &= |\vec{A} + \vec{B}|^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha \\ &= A^2 + B^2 + 2AB \cos[(\omega t + kx) - (\omega t - kl - kx - \theta)], \text{ maka} \end{aligned}$$

$$|\vec{A} + \vec{B}|^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos(2kx + kl + \theta)$$

Dengan  $\alpha$  = beda fasa antara  $\vec{A}$  dan  $\vec{B}$

Dengan demikian

$$|\vec{P}| = [A^2 + B^2 + 2AB \cos(2kx + kl + \theta)]^{1/2} \dots\dots\dots (II.5)$$

Maka dari persamaan (II.5) Terlihat bahwa tekanan bunyi maksimum terjadi bila harga  $\cos(2kx + kl + \theta) = 1$ , sehingga:

$$P_{max} = [A^2 + B^2 + 2AB]^{1/2} = A + B \dots\dots\dots (II.6)$$

Tekanan minimum terjadi bila harga  $(2kx + kl + \theta) = -1$  dan:

$$P_{min} = [A^2 + B^2 - 2AB]^{1/2} = A - B \dots\dots\dots (II.7)$$

Dengan A=amplitude gelombang datang, dan B=amplitude gelombang pantul.

Bila  $P_{min}$  ditambahkan ke  $P_{max}$ , maka:

$$\begin{aligned} P_{min} + P_{max} &= 2A \\ \text{Atau} \quad A &= 1/2(P_{min} + P_{max}) \dots\dots\dots (II.8) \end{aligned}$$

Bila  $P_{min}$  dikurangkan ke  $P_{max}$ , maka:

$$\begin{aligned} P_{min} - P_{max} &= 2B \\ \text{Atau} \quad B &= 1/2(P_{min} - P_{max}) \dots\dots\dots (II.9) \end{aligned}$$

Diketahui bahwa rumus koefisien absorpsi normal adalah:

$$\alpha_n = \frac{A^2 - B^2}{A^2} \dots\dots\dots (II.10)$$

Substitusi harga A dan B dari persamaan II.8 dan II.9 ke II.10, Maka didapatkan:

$$\begin{aligned} \alpha_n &= \frac{[1/2(P_{min} + P_{max})]^2 - [1/2(P_{min} - P_{max})]^2}{[1/2(P_{min} + P_{max})]^2} \\ \alpha_n &= \frac{P_{max}^2 + 2P_{max}P_{min} + P_{min}^2 - P_{max}^2 + 2P_{max}P_{min} - P_{min}^2}{[(P_{min} + P_{max})]^2} \\ \alpha_n &= \frac{4P_{max}P_{min}}{[(P_{min} + P_{max})]^2} \dots\dots\dots (II.11) \end{aligned}$$

### LAMPIRAN III

#### HUBUNGAN KOEFISIEN ABSORPSI NORMAL DENGAN PERBEDAAN LEVEL TEKANAN BUNYI MAKSIMUM DAN MINIMUM

Koefisien Absorpsi Normal Bunyi:

$$\alpha_n = \frac{A^2 - B^2}{A^2} = 1 - \frac{B^2}{A^2} \dots \dots \dots (III.1)$$

Dari penjelasan akustik telah diketahui bahwa:

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_{ref}} \text{dB} \dots \dots \dots (III.2)$$

$$Lp_{max} - Lp_{min} = 20 \log \frac{P}{P_{ref}}$$

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \log^{-1} \left( \frac{Lp_{max} - Lp_{min}}{20} \right)$$

Bila dituliskan,  $L = (Lp_{max} - Lp_{min})$

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \log^{-1} \left( \frac{L}{20} \right) \dots \dots \dots (III.3)$$

Dengan L adalah perbedaan tingkat tekanan bunyi maksimum dan minimum. Substitusi  $P_{max} = A + B$  dan  $P_{min} = A - B$  ke persamaan III.3, maka diperoleh:

$$\frac{A + B}{A - B} = \log^{-1} \left( \frac{L}{20} \right)$$

Atau:

$$\frac{\left( \frac{1+B}{A} \right)}{\left( \frac{1-B}{A} \right)} = \log^{-1} \left( \frac{L}{20} \right)$$

$$\frac{B}{A} (1 + \log^{-1} \left( \frac{L}{20} \right)) = \log^{-1} \left( \frac{L}{20} \right) - 1$$

Selanjutnya dapat ditulis:

$$\left( \frac{B}{A} \right)^2 = \left[ \frac{(\log^{-1} \left( \frac{L}{20} \right) - 1)}{(\log^{-1} \left( \frac{L}{20} \right) + 1)} \right] \dots \dots \dots (III.4)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan III.3 ke III.1. maka:

$$\alpha_n = 1 - \left[ \frac{B}{A} \right]^2$$

Sehingga diperoleh:

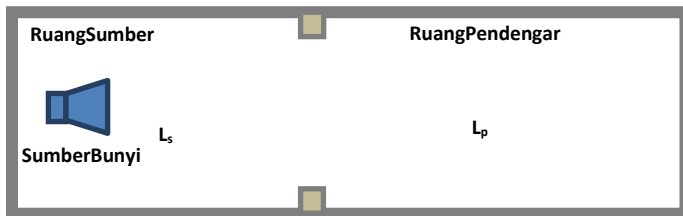
$$\alpha_n = 1 - \left[ \frac{(\log^{-1}(\frac{L}{20}) - 1)}{(\log^{-1}(\frac{L}{20}) + 1)} \right]^2 \dots\dots\dots(\text{III.5})$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN B PENURUNAN RUMUS TL

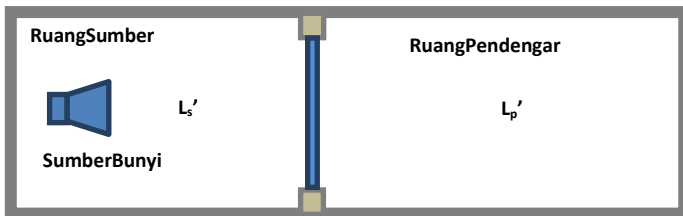
### B.1. PENURUNAN HUBUNGAN MATEMATIS *TL* DENGAN *IL*

Ketika antara ruang sumber dan ruang pendengar belum dipisahkan oleh partisi, maka di ruang sumber dicatat tingkat tekanan bunyi (*TTB*) sebesar  $L_s$ , sedangkan tingkat tekanan bunyi (*TTB*) di ruang pendengar adalah  $L_p$  seperti terlihat pada Gambar A.1 dibawah ini.



Gambar A.1 Ruang sumber dan ruang pendengar sebelum partisi dipasang

Pada saat dipasang terjadi kenaikan tingkat tekanan bunyi di ruang sumber sebagai akibat adanya bunyi pantul oleh partisi. Setelah partisi dipasang, tingkat tekanan bunyi di ruang sumber adalah  $L_s'$ , sedangkan di ruang pendengar adalah  $L_p'$  seperti terlihat pada Gambar A.2 di bawah ini.



Gambar A.1 Ruang sumber dan ruang pendengar setelah partisi dipasang

Perbedaan tingkat tekanan bunyi di ruang sumber  $\Delta L$  sesudah dan sebelum partisi dipasang dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta L = L_s' - L_s \dots \dots \dots (B.1)$$

dengan,  $L_s'$  = *TTB* ruang sumber sesudah partisi dipasang (dB)

$L_s$  = TTB ruang sumber sebelum partisi dipasang (dB)

Perbedaan tingkat tekanan bunyi di ruang sumber  $\Delta L$  tersebut di atas juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan matematis sebagai berikut :

$$\Delta L = 10 \log \frac{A_0}{A_1} \dots \dots \dots (A.2)$$

dengan,

$A_0$  = penyerapan total ruang sumber sebelum partisi dipasang  
( $m^2$  sabine)

$A_1$  = penyerapan total ruang sumber setelah partisi dipasang  
( $m^2$  sabine)

Didefinisikan besaran reduksi bising ( $NR$ ), yaitu perbedaan tingkat tekanan bunyi di ruang sumber dan ruang pendengar sesudah partisi dipasang. Secara matematis, reduksi bising dinyatakan sebagai berikut :

$$NR = L_s' - L_p' \dots \dots \dots (B.3)$$

dengan,

$L_s'$  = TTB ruang sumber setelah partisi dipasang (dB)

$L_p'$  = TTB ruang pendengar setelah dipasang (dB)

Besaran akustik lain yang berkaitan dengan rugi transmisi ( $TL$ ) adalah rugi sisipan ( $IL$ ). Nilai  $IL$  menyatakan perbedaan TTB di ruang pendengar sebelum dan sesudah partisi dipasang. Secara matematis, rugi sisipan dinyatakan sebagai berikut :

$$IL = L_p - L_p' \dots \dots \dots (B.4)$$

dengan,

$L_p$  = TTB ruang pendengar sebelum partisi dipasang (dB)

$L_p'$  = TTB ruang pendengar setelah partisi dipasang (dB)

Hubungan matematis antara reduksi bising dan rugi sisipan adalah sebagai berikut :

$$NR = IL + \Delta L \dots \dots \dots (B.5)$$

Seperti yang telah ditulis pada persamaan hubungan matematis antara rugi transmisi dengan reduksi bising dinyatakan sebagai berikut :

$$TL = NR + 10 \log \frac{S}{A_2} \dots\dots\dots (B.6)$$

Apabila persamaan (B.5) di masukan padapersamaan (B.6) makadiperoleh :

$$TL = IL + \Delta L + 10 \log \frac{S}{A_2} \dots\dots\dots (B.7)$$



## PENURUNAN RUMUS HUBUNGAN MATEMATIS TL DENGAN NR

Telah didefinisikan dalam makalah kolokium, bahwa rugi transmisi ( $TL$ ) secara matematis dinyatakan sebagai :

$$TL = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \equiv 10 \log \frac{1}{\tau} \dots \dots \dots (B.8)$$

dengan,

$P_1$  = daya bunyi yang datang (joule per sekon)

$P_2$  = daya bunyi yang transmisi (joule per sekon)

$\tau$  = Koefisien transmisi bunyi

dalam ruang sumber, terdapat bunyi dengan daya  $P$  dan konstanta absorbs ruang sumber  $R_l$ . Tingkat tekanan bunyi di ruang sumber adalah :

$$SPL = PWL + 10 \log \frac{4}{R_1} + 0,5 \dots \dots \dots (B.9)$$

dengan,  $PWL = 10 \log P + 130$

$P$  = daya bunyi ruang sumber (joule per sekon)

$R_1 = \frac{S_1 \bar{\alpha}_1}{(1 - \bar{\alpha}_1)} =$  Konstanta absorbs ruang sumber ( $m^3$ )

$S_1$  = Luas permukaan ruang sumber ( $m^2$ )

$\bar{\alpha}_1$  = koefisien absorbs rata-rata ruang sumber

Dalam ruang sumber, kerapatan energy meluruh sebanding dengan  $P(1 - \bar{\alpha}_1)$ . Daya bunyi yang datang pada permukaan partisi adalah hasil kali antara meluruhnya kerapatan energi dengan  $\frac{S \bar{\alpha}_p}{S_1 \bar{\alpha}_1}$ , dimana  $S$  adalah luas permukaan ( $m^2$ ) dan  $\bar{\alpha}_p$  adalah  $\bar{\alpha}_1$  adalah koefisien absorbsi rata-rata partisi. Bila partisi

merupakan penyerap sempurna,  $\bar{\alpha}_p = 1$  sehingga daya bunyi yang datang  $P_I$  adalah :

$$\begin{aligned} P_1 &= P(1 - \bar{\alpha}_1) \frac{S}{S_1 \bar{\alpha}_1} \\ &= \frac{PS}{R_1} \end{aligned}$$

Daya bunyi yang ditransmisikan keruang pendengar adalah  $TP_I$ , dengan demikian persamaan daya transmisi dapat dituliskan :

$$P_2 = \frac{TPS}{R_1} \dots \dots \dots (B.10)$$

Apabila diambil harga logaritmanya akan diperoleh :

$$\begin{aligned} 10 \log P_2 &= \frac{TPS}{R_1} \\ 10 \log P_2 &= 10 \log P + 10 \log \frac{S}{R_1} + 10 \log T \\ PWL_2 &= PWL + 10 \log \frac{S}{R_1} - TL \dots \dots \dots (B.11) \end{aligned}$$

Kemudian jika persamaan (B.9) disubstitusikan ke persamaan (B.11), maka akan didapatkan :

$$\begin{aligned} PWL_2 &= SPL_1 - 10 \log \frac{4}{R_1} - 0,5 + 10 \log \frac{S}{R_1} - TL \\ PWL_2 &= SPL_1 + 10 \log \left( \frac{\frac{S}{R_1}}{\frac{R_1}{4}} \right) - 0,5 - TL \\ PWL_2 &= SPL_1 - 0,5 + 10 \log \frac{S}{4} - TL \dots \dots \dots (B.12) \end{aligned}$$

Hubungan antara tingkat tekanan bunyi dan tingkat daya bunyi di ruang pendengar adalah sebagai berikut :

$$SPL_2 = SWL_2 + 10 \log \left[ \frac{4}{R_1} + \frac{1}{S} \right] + 0,5 \dots \dots \dots (B.13)$$

Bilapersamaan (B.12) dimasukkan ke persamaan (B.13), maka akan didapatkan :

$$\begin{aligned} SPL_2 &= SPL_1 - 0,5 + 10 \log \frac{S}{4} - TL + 10 \log \left[ \frac{4}{R_1} + \frac{1}{S} \right] \\ &\quad + 0,5 \quad \quad = SPL_1 - TL + 10 \log \left[ \frac{S}{4} \left( \frac{4}{R_1} + \frac{1}{S} \right) \right] \\ SPL_2 &= SPL_1 - TL + 10 \log \left[ \frac{S}{R_1} + \frac{1}{4} \right] \quad \dots \dots \dots (B.14) \end{aligned}$$

Dari persamaan (B.14) di atas, maka nilai rugi transmisi ( $TL$ ) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$TL = SPL_1 - SPL_2 + 10 \log \left[ \frac{S}{R_1} + \frac{1}{4} \right] \quad \dots \dots \dots (B.15)$$

Karena  $SPL_1 - SPL_2 = NR$ , maka persamaan (B.15) di atas dapat dituliskan menjadi :

$$TL = NR + 10 \log \left[ \frac{S}{R_1} + \frac{1}{4} \right] \dots \dots \dots (B.16)$$

Persamaan (B.16) diatas menyatakan hubungan antara rugi transmisi ( $TL$ ) dengan reduksi bising ( $NR$ ) untuk medan dekat. Untuk titik yang berada dekat dengan sumber bunyi, intensitas bunyi pada jarak tersebut cukup besar. Bila sumber bunyi cukup kecil dan ruangan tidak memantul, maka medan akustik dekat sumber bunyi tidak bergantung pada sifat-sifat akustik ruang. Pada jarak yang lebih jauh, intensitas bunyi semakin kecil dan medan bunyi pantul menjadi dominan. Kerapatan energy bunyi pantul secara matematis dapat dinyatakan sebagaiberikut :

$$D_r = \frac{4P(1-\bar{\alpha})}{vS_s\bar{\alpha}} = \frac{4P}{vR} \dots\dots\dots(B.17)$$

Sementara itu hubungan antara tekanan bunyi rata-rata yang diakibatkan oleh kerapatan energy pantulnya sendiri adalah :

$$D_r = \frac{\bar{p}^2}{\rho_0 v^2} \dots\dots\dots(B.18)$$

Sehingga jika persamaan (10) digabungkan dengan (.11) maka akan didapatkan :

$$\bar{p}^2 = \frac{4P\rho_0 v}{R} \dots\dots\dots(B.19)$$

Untuk menyatakan hubungan antara tekanan bunyi rata-rata yang disebabkan oleh kerapatan energy pantul dan tingkat tekanan bunyi, maka didefinisikan tingkat tekanan bunyi sebagai berikut :

$$SPL = 10 \log \frac{\bar{p}^2}{|p_{ref}|^2} \dots\dots\dots(B.20)$$

dengan

$p_{ref}$  = tekanan bunyi referensi = 0,00002 N/m<sup>2</sup>

Apabila persamaan (13) dimasukkan pada persamaan (14), maka akan didapatkan hubungan antara tingkat tekanan bunyi untuk medan jauh dengan tingkat tekanan bunyi diruang pendengar sebagai berikut :

$$SPL_2 = 10 \log \frac{4P\rho_0 v}{R} - 10 \log |p_{ref}|^2$$

$$\begin{aligned}
&= 10 \log P + 10 \log \rho_0 v + 10 \log \frac{4}{R_2} - 10 \log |0,00002|^2 \\
&= PWL_2 - 130 + 10 \log \rho_0 v + 10 \log \frac{4}{R_2} + 94 \\
SPL_2 &= PWL_2 - 36 + 10 \log \rho_0 v + 10 \log \frac{4}{R_2} \dots (B.21)
\end{aligned}$$

Dalam satuan system Inggris, persamaan (.15) di atas akan berubah menjadi persamaan baru sebagai berikut :

$$SPL_2 = PWL_2 - 25,6 + 10 \log \rho_0 v + 10 \log \frac{4}{R_2} \dots (B.22)$$

Dengan  $\rho_0 v$  = impedansi karakteristik udara dan  $10 \log \rho_0 v = 26,1$ , sehingga persamaan (B.16) di atas menjadi :

$$SPL_2 = PWL_2 + 0,5 + 10 \log \frac{4}{R_2} \dots \dots \dots (B.23)$$

Kemudian jika persamaan (5) disubstitusikan pada persamaan (16) maka akan diperoleh :

$$\begin{aligned}
SPL_2 &= SPL_1 - 0,5 + 10 \log \frac{S}{4} - TL + 0,5 + 10 \log \frac{4}{R_2} \\
SPL_2 &= SPL_1 + 10 \log \frac{S}{4} - TL + 10 \log \frac{4}{R_2} \\
SPL_2 &= SPL_1 - TL + 10 \log \frac{S}{4} \frac{4}{R_2} \\
SPL_2 &= SPL_1 - TL + 10 \log \frac{S}{R_2} \dots \dots \dots (B.24)
\end{aligned}$$

Atau dapat ditulis dalam bentuk lain yaitu :

$$TL = SPL_1 - SPL_2 + 10 \log \frac{S}{R_2} \dots \dots \dots (B.25)$$

Karena  $SPL_1 - SPL_2 = NR$  maka persamaan (B.25) di atas dapat dituliskan menjadi :

$$TL = NR + 10 \log \frac{S}{R_2} \dots\dots\dots (B.26)$$

Persamaan (B.26) di atas menyatakan hubungan antara rugit ransmisi ( $TL$ ) dengan reduksi bising ( $NR$ ) untuk medan jauh.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

### LAMPIRAN C

#### HASIL DATA PENGUKURAN $\alpha$

Tabel C.1. Data hasil pengukuran koefisien absorpsi bunyi( $\alpha$ ) menggunakan agent foam

No	Frekuensi	Bahan 1 gypsum 100%		Bahan 2 G75%+K25%		Bahan 3 G50%+K50%		Bahan 4 G25%+K75%		Bahan 5 Kerang 100%	
		SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
1	125	136,4 $\pm$ 0,1	120,7 $\pm$ 0,1	137,0 $\pm$ 0,3	118,3 $\pm$ 0,4	136,2 $\pm$ 0,2	122,4 $\pm$ 0,2	130,4 $\pm$ 0,6	121,2 $\pm$ 0,1	130,4 $\pm$ 0,1	121,2 $\pm$ 0,9
2	250	134,8 $\pm$ 0,5	111,7 $\pm$ 0,3	134,5 $\pm$ 0,4	109,1 $\pm$ 0,7	134,9 $\pm$ 0,3	114,0 $\pm$ 0,2	130,6 $\pm$ 0,9	112,3 $\pm$ 0,2	130,6 $\pm$ 0,3	112,3 $\pm$ 0,3
3	500	125,8 $\pm$ 0,3	100,3 $\pm$ 0,1	127,1 $\pm$ 0,9	99,3 $\pm$ 0,1	128,7 $\pm$ 0,2	101,1 $\pm$ 0,7	128,2 $\pm$ 0,4	99,8 $\pm$ 0,8	128,2 $\pm$ 0,2	99,8 $\pm$ 0,3
4	1000	100,2 $\pm$ 0,2	72,0 $\pm$ 0,6	98,3 $\pm$ 0,5	68,1 $\pm$ 0,3	116,9 $\pm$ 0,6	78,4 $\pm$ 0,8	101,8 $\pm$ 0,5	79,9 $\pm$ 0,1	101,8 $\pm$ 0,1	79,9 $\pm$ 0,3
5	2000	94,5 $\pm$ 0,4	64,7 $\pm$ 0,2	91,2 $\pm$ 0,2	64,1 $\pm$ 0,3	94,3 $\pm$ 0,5	63,6 $\pm$ 0,9	93,6 $\pm$ 0,3	65,3 $\pm$ 0,3	93,6 $\pm$ 0,2	65,3 $\pm$ 0,3
6	4000	94,5 $\pm$ 0,3	64,2 $\pm$ 0,8	95,1 $\pm$ 0,1	69,3 $\pm$ 1,1	96,9 $\pm$ 0,5	57,0 $\pm$ 0,6	95,0 $\pm$ 0,2	72,5 $\pm$ 1,0	95,0 $\pm$ 0,7	72,5 $\pm$ 0,7

Tabel C.2. Data hasil pengukuran koefisien absorpsi bunyi ( $\alpha$ ) tanpa menggunakan agent foam

No	Frekuensi	Bahan 1 gypsum 100%		Bahan 2 G75%+K25%		Bahan 3 G50%+K50%		Bahan 4 G25%+K75%		Bahan 5 Kerang 100%	
		SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
1	125	135,3 $\pm$ 0,4	116,9 $\pm$ 0,1	135,1 $\pm$ 0,6	114,5 $\pm$ 0,05	134,1 $\pm$ 0,3	117,8 $\pm$ 0,4	136,1 $\pm$ 0,5	121,2 $\pm$ 0,9	134,5 $\pm$ 0,3	116,5 $\pm$ 0,4
2	250	132,7 $\pm$ 0,3	107,0 $\pm$ 0,1	134,4 $\pm$ 0,3	108,6 $\pm$ 0,1	132,7 $\pm$ 0,2	108,8 $\pm$ 0,3	132,6 $\pm$ 0,5	109,1 $\pm$ 0,2	132,6 $\pm$ 0,2	109,6 $\pm$ 0,8
3	500	129,0 $\pm$ 0,7	110,9 $\pm$ 0,2	124,3 $\pm$ 0,3	98,4 $\pm$ 0,2	124,5 $\pm$ 0,4	96,5 $\pm$ 0,3	124,7 $\pm$ 0,4	98,4 $\pm$ 0,2	125,5 $\pm$ 0,3	92,9 $\pm$ 0,5
4	1000	97,1 $\pm$ 0,4	74,5 $\pm$ 0,4	101,3 $\pm$ 0,4	70,3 $\pm$ 0,4	99,6 $\pm$ 0,6	71,9 $\pm$ 0,4	100,4 $\pm$ 0,3	68,4 $\pm$ 0,9	99,6 $\pm$ 0,4	71,16 $\pm$ 0,4
5	2000	95,1 $\pm$ 0,5	64,5 $\pm$ 0,3	94,8 $\pm$ 0,2	60,4 $\pm$ 0,3	93,5 $\pm$ 0,4	65,7 $\pm$ 0,4	93,5 $\pm$ 0,2	63,8 $\pm$ 0,3	94,0 $\pm$ 0,5	64,6 $\pm$ 0,4
6	4000	96,2 $\pm$ 0,2	54,0 $\pm$ 0,3	93,7 $\pm$ 0,6	53,6 $\pm$ 0,3	92,1 $\pm$ 0,3	56,8 $\pm$ 0,1	94,7 $\pm$ 0,1	66,3 $\pm$ 0,3	94,6 $\pm$ 0,4	69,7 $\pm$ 0,6



Tabel C.3. Data hasil pengukuran SPL dengan tabung impedansi pada bahan 1 foam pengulangan 5 kali

Ke-	125		250		500		1000		2000		4000	
	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
1	136,4	120,7	135,5	111,8	125,6	100,4	100,2	71,5	95,0	64,6	94,0	62,9
2	136,4	120,6	134,9	112,0	126,3	100,3	100,5	72,9	94,6	64,5	94,7	64,4
3	136,5	120,7	134,2	111,1	125,8	100,1	100,2	72,4	94,3	64,7	94,7	64,6
4	136,4	120,7	134,6	111,7	125,6	100,4	100,1	71,5	94,0	64,8	94,5	64,7
5	136,4	120,7	135,0	111,8	125,8	100,3	100,0	71,9	94,6	64,9	94,5	64,5

Tabel C.4. Data hasil pengukuran SPL dengan tabung impedansi pada bahan 2 foam pengulangan 5 kali

Ke-	125		250		500		1000		2000		4000	
	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
1	137,4	118,6	134,7	108,0	127,3	99,2	97,8	67,8	91,0	63,7	95,2	69,9
2	137,1	118,2	134,6	109,7	125,4	99,4	97,7	67,9	91,1	64,0	95,1	70,3
3	137,0	117,8	134,0	109,4	127,6	99,3	98,8	68,2	91,4	64,1	95,2	69,6
4	137,0	118,7	134,4	108,6	127,5	99,3	98,6	68,1	91,1	64,3	95,0	68,9
5	136,5	118,1	135,0	109,6	127,6	99,3	98,8	68,5	91,4	64,5	95,1	67,6

Tabel C.5. Data hasil pengukuran SPL dengan tabung impedansi pada bahan 3 foam pengulangan 5 kali



1	136,2	122,7	134,6	119,0	128,2	102,5	96,0	76,9	94,5	68,6	97,4	75,6
2	136,6	122,6	134,4	118,4	128,0	102,0	96,1	76,2	94,3	68,7	96,3	74,1
3	136,8	120,9	134,0	118,9	128,1	102,9	96,0	76,2	94,7	68,9	97,2	74,8
4	136,9	121,4	134,3	118,5	128,5	102,4	96,2	76,4	94,5	69,3	97,4	75,4
5	136,9	120,5	134,2	118,4	128,3	102,7	96,0	76,2	94,7	68,4	95,8	74,1

Tabel C.8. Data hasil pengukuran SPL dengan tabung impedansi pada bahan 1 tanpa foam pengulangan 5 kali

No	125		250		500		1000		2000		4000	
	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
1	135,8	116,7	132,2	107,0	130,0	110,0	97,3	74,4	94,2	64,5	96,0	54,2
2	135,5	117,0	132,8	106,7	128,4	111,0	96,5	74,6	95,6	64,4	96,1	54,1
3	134,8	116,9	132,8	107,2	128,7	111,4	97,3	74,3	95,2	64,3	96,5	54,2
4	135,5	117,0	132,7	107,0	128,6	110,8	96,9	74,6	95,3	64,6	96,3	54,1
5	134,9	117,1	132,8	107,3	129,4	111,2	97,3	74,5	95,4	64,7	96,3	53,6

Tabel C.9. Data hasil pengukuran SPL dengan tabung impedansi pada bahan 2 tanpa foam pengulangan 5 kali

No	125		250		500		1000		2000		4000	
	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
1	135,1	114,6	134,8	108,5	124,5	98,2	101,5	69,6	94,6	59,9	93,3	53,0
2	135,2	114,5	134,3	108,5	124,4	98,7	100,5	70,4	94,7	60,3	93,0	53,4

3	135,1	114,4	134,1	108,7	123,9	98,4	101,6	70,5	94,9	60,5	93,9	54,0
4	135,2	114,5	134,5	108,6	124,5	98,4	101,3	70,4	95,0	60,8	94,0	53,5
5	135,1	114,5	134,0	108,8	124,2	98,3	101,4	70,5	94,9	60,4	94,4	54,0

Tabel C.10. Data hasil pengukuran SPL dengan tabung impedansi pada bahan 3 tanpa foam pengulangan 5 kali

No	125		250		500		1000		2000		4000	
	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
1	134,7	118,1	132,8	109,1	123,8	96,8	98,5	71,5	93,9	66,2	91,9	56,7
2	134,1	117,1	132,7	108,4	124,4	96,2	99,9	71,7	92,8	65,5	91,8	56,9
3	133,5	117,9	133,0	108,7	124,8	96,6	99,8	72,4	93,7	66,1	92,3	57,0
4	134,2	117,8	132,6	108,8	124,9	96,1	99,8	72,2	93,6	65,4	92,4	56,8
5	134,2	118,0	132,4	108,9	124,6	96,7	99,9	72,1	93,7	65,5	92,1	56,7

Tabel C.11. Data hasil pengukuran SPL dengan tabung impedansi pada bahan 4 tanpa foam pengulangan 5 kali

No	125		250		500		1000		2000		4000	
	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
1	136,2	121,2	132,5	108,9	124,2	98,2	99,9	68,2	93,7	63,7	94,7	66,5
2	135,6	121,0	132,2	109,3	124,4	98,7	100,4	67,3	93,2	63,5	94,8	66,6
3	135,9	122,0	132,1	109,2	125,0	98,3	100,7	68,3	93,8	63,9	94,5	66,1
4	136,2	121,9	133,1	109,1	124,9	98,4	100,6	69,7	93,5	64,1	94,8	66,2

5	136,7	120,1	133,1	108,9	125,2	98,6	100,6	68,6	93,4	64,2	94,8	66,0
---	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	------	------	------	------	------

Tabel C.12. Data hasil pengukuran SPL dengan tabung impedansi pada bahan 5 tanpa foam pengulangan 5 kali

No	125		250		500		1000		2000		4000	
	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
1	134,9	116,0	132,4	110,6	125,2	92,8	99,1	70,8	93,2	64,3	94,5	70,0
2	134,2	117,0	132,5	109,9	125,3	92,8	99,2	71,0	94,0	64,7	94,5	69,1
3	134,6	116,2	132,8	110,0	125,6	93,7	100,0	71,3	94,3	65,0	94,0	69,2
4	134,7	116,3	132,8	108,6	125,7	93,0	99,8	71,8	94,2	64,9	95,0	70,5
5	134,1	116,8	132,7	108,9	125,8	92,3	99,9	70,9	94,5	64,2	94,9	69,9

Tabel C.13. Data hasil pengukuran SPL dengan tabung impedansi secara otomatis pada setiap bahan foam

Dgn Foam	Bahan 1		Bahan 2		Bahan 3		Bahan 4		Bahan 5	
	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
125	52,48	26,29	53,12	29,37	50,95	24,94	45,30	26,12	49,98	28,74
250	62,22	32,17	51,77	37,17	51,69	30,60	57,80	35,68	55,50	29,18
500	63,54	43,10	61,51	43,19	61,86	44,11	61,91	41,30	63,54	42,74
1000	70,33	56,67	70,23	55,50	69,52	52,73	70,03	53,59	71,30	58,01
2000	72,95	63,67	74,29	54,97	71,99	61,43	72,99	53,71	73,83	62,33
4000	78,41	67,41	79,22	69,06	79,66	65,32	78,36	65,81	81,42	67,00
5000	79,74	63,58	78,53	72,28	79,12	67,49	78,94	66,13	79,97	66,11

6300	77,26	70,94	77,74	62,81	76,79	71,76	77,11	63,35	78,45	62,07
8000	78,20	75,21	79,78	72,97	79,84	76,03	78,92	71,49	79,56	72,90
10000	78,59	74,37	77,40	74,02	78,31	74,00	77,70	73,77	78,30	73,72
12500	70,78	64,79	68,63	62,09	67,78	63,93	68,67	65,40	68,83	64,57
16000	54,05	50,86	55,14	50,15	57,09	51,36	55,38	50,73	55,82	52,36
20000	46,44	40,43	47,33	38,13	46,57	40,49	45,76	37,99	49,54	39,43

Tabel C.14. Data hasil pengukuran SPL dengan tabung impedansi secara otomatis pada setiap bahan tanpa foam

Tanpa Foam	Bahan 1		Bahan 2		Bahan 3		Bahan 4		Bahan 5	
	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin	SPLmax	SPLmin
125	54,23	27,09	51,69	25,46	46,02	24,40	51,48	27,22	57,67	21,63
250	59,62	33,34	56,30	33,75	51,77	31,95	53,33	33,74	67,70	27,53
500	70,02	37,44	63,92	41,73	62,91	37,99	62,07	44,87	62,70	40,51
1000	70,86	50,03	71,83	13,42	65,85	52,21	71,31	58,89	73,02	53,62
2000	73,88	56,8	73,31	62,41	73,61	61,81	72,57	61,88	73,25	62,77
4000	79,08	72,78	79,04	72,25	79,05	70,62	78,16	70,28	79,60	69,39
5000	78,82	71,82	80,08	74,78	80,07	69,91	79,06	71,54	79,18	70,74
6300	78,72	67,68	78,90	71,80	77,31	64,52	76,99	68,41	78,09	73,12
8000	80,08	73,66	79,29	75,70	79,25	73,34	78,97	73,44	78,64	75,05
10000	79,55	73,73	78,55	74,41	77,56	73,49	78,33	73,55	79,00	74,32
12500	69,22	64,24	69,27	64,15	69,03	62,67	68,78	64,45	69,38	63,44
16000	56,35	51,37	56,90	52,46	55,51	50,72	55,03	50,80	55,14	51,46

20000	49,57	39,65	49,23	46,02	47,07	42,40	48,58	39,42	48,38	40,25
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabel C.15. (Koefisien Absorpsi Bunyi)  $\alpha$  hasil perhitungan pada bahan foam dengan tabung impedansi secara otomatis

$\alpha$	bahan 1	bahan 2	bahan 3	bahan 4	bahan 5
125	0,178	0,229	0,182	0,357	0,294
250	0,118	0,529	0,298	0,269	0,176
500	0,317	0,386	0,406	0,312	0,306
1000	0,569	0,524	0,442	0,455	0,585
2000	0,761	0,352	0,706	0,354	0,664
4000	0,686	0,723	0,540	0,618	0,537
5000	0,466	0,881	0,658	0,606	0,561
6300	0,879	0,516	0,921	0,565	0,457
8000	0,971	0,861	0,953	0,837	0,866
10000	0,943	0,963	0,941	0,951	0,934
12500	0,890	0,871	0,952	0,965	0,942
16000	0,967	0,922	0,899	0,932	0,961
20000	0,889	0,765	0,887	0,824	0,725

Tabel C.16.. (Koefisien Absorpsi Bunyi)  $\alpha$  hasil perhitungan pada bahan tanpa foam dengan tabung impedansi secara otomatis

$\alpha$ TF	bahan 1	bahan 2	bahan 3	bahan 4	bahan 5
125	0,16	0,18	0,28	0,22	0,06
250	0,17	0,26	0,34	0,34	0,04
500	0,09	0,27	0,20	0,43	0,27
1000	0,30	0,00	0,57	0,62	0,35
2000	0,43	0,69	0,65	0,70	0,71
4000	0,88	0,86	0,80	0,82	0,72
5000	0,85	0,91	0,72	0,83	0,80
6300	0,68	0,85	0,61	0,79	0,92
8000	0,87	0,96	0,89	0,91	0,96
10000	0,89	0,95	0,95	0,93	0,93
12500	0,92	0,92	0,88	0,94	0,89
16000	0,92	0,94	0,93	0,94	0,96
20000	0,73	0,97	0,93	0,77	0,81



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## LAMPIRAN D

### Data Hasil Uji Transimmion Loss(TL)

Data yang didapatkan setelah melakukan pengukuran TL adalah data  $SPL_{\text{sumber}}$ ,  $SPL_{\text{penerima}}$  dan RT(Waktu dengung ruang) untuk masing-masing bahan uji. Adapun data yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel D.1. Data hasil pengukuran Transmission Loss pada bahan uji

No	Frekuensi (Hz)	bahan 1		bahan 2		bahan 3		bahan 4		bahan 5	
		SPL's	SPL'p	SPL's	SPL'p	SPL's	SPL'p	SPL's	SPL'p	SPL's	SPL'p
1	125	85,95±1,25	67,07±1,89	87,10±1,30	68,76±1,91	85,29±1,44	75,54±1,23	86,03±0,39	66,27±1,21	84,65±1,29	64,95±1,83
2	160	89,24±1,50	73,27±1,78	91,70±1,29	72,79±1,59	89,31±1,12	90,34±1,73	89,31±1,43	71,00±1,83	88,76±1,38	70,22±1,50
3	200	102,02±1,69	87,43±1,37	105,01±1,84	87,87±1,99	101,52±1,72	78,37±1,49	101,75±0,84	84,71±1,56	100,03±1,46	84,83±1,69
4	250	89,98±1,17	72,14±1,25	95,52±1,65	71,38±1,22	89,95±1,28	77,16±1,61	90,53±1,48	71,35±1,49	89,69±1,12	73,29±1,53
5	315	92,25±1,13	68,52±1,63	99,58±1,51	67,88±1,22	91,55±1,07	82,33±1,29	92,02±1,74	65,25±1,08	90,73±1,45	65,22±1,06
6	400	97,16±1,04	70,93±1,54	107,54±1,67	71,36±1,73	96,72±1,39	82,33±1,79	96,60±1,5	69,36±1,44	95,33±1,38	69,22±1,04
7	500	93,45±1,21	63,95±1,32	107,62±1,66	62,39±1,29	93,13±1,06	78,75±1,73	93,51±1,22	61,06±1,77	92,63±1,62	63,02±1,75
8	630	92,83±1,04	62,01±1,13	112,03±1,13	62,98±0,91	92,85±0,96	60,76±1,22	92,89±0,80	60,60±0,89	91,76±0,82	64,30±1,23
9	800	98,02±0,81	73,74±0,94	123,36±1,10	73,69±1,23	97,89±1,01	72,73±1,19	98,51±1,02	70,29±0,98	96,90±0,97	75,34±0,94
10	1000	96,81±0,76	72,19±0,95	96,77±0,93	71,97±1,04	97,09±0,90	70,89±0,98	97,01±0,76	67,93±0,75	95,44±0,85	71,64±0,92
11	1250	96,84±0,63	68,10±0,66	96,99±0,70	68,49±0,73	97,28±0,63	65,98±0,68	97,06±0,67	64,05±0,65	96,11±0,94	67,71±0,72

12	1600	96,73±0,55	70,58±0,83	96,71±0,59	69,32±0,59	96,88±0,52	67,65±0,74	96,77±0,46	60,68±0,56	96,38±0,60	66,30±0,55
13	2000	93,21±0,37	67,59±0,81	93,41±0,63	65,05±0,72	93,74±0,54	63,66±0,61	93,82±0,48	56,66±0,48	93,28±0,51	59,87±0,58
14	2500	95,38±0,51	69,73±0,53	95,40±0,52	68,56±0,51	95,34±0,55	65,27±0,45	95,72±0,61	58,18±0,51	95,38±0,50	61,89±0,51
15	3150	94,65±0,46	66,09±0,45	94,81±0,45	65,61±0,50	95,12±0,31	61,59±0,39	95,46±0,44	57,630,53	95,49±0,42	59,90±0,44
16	4000	96,41±0,48	68,92±0,41	96,63±0,42	68,08±0,48	96,53±0,33	63,40±0,50	97,16±0,47	58,91±0,39	97,24±0,42	59,66±0,51

Tabel D.2, Hasil data pengukuran Waktu dengung(RT) EDT pada masing-masing bahan uji

No	Frekuensi(Hz)	RT EDT(s)				
		bahan 1	bahan 2	bahan 3	bahan 4	bahan 5
1	125	0,25	0,27	0,26	0,27	0,27
2	160	0,21	0,23	0,22	0,24	0,24
3	200	0,40	0,39	0,39	0,40	0,36
4	250	0,49	0,45	0,46	0,46	0,48
5	315	0,60	0,62	0,63	0,62	0,60
6	400	1,39	0,89	0,81	0,66	0,70
7	500	0,82	0,77	0,71	0,54	0,49
8	630	0,82	0,85	0,81	0,69	0,57
9	800	0,43	0,45	0,40	0,50	0,42

10	1000	0,51	0,55	0,51	0,49	0,48
11	1250	0,55	0,60	0,56	0,45	0,43
12	1600	0,42	0,50	0,43	0,45	0,44
13	2000	0,45	0,43	0,33	0,34	0,41
14	2500	0,35	0,33	0,35	0,23	0,37
15	3150	0,32	0,33	0,33	0,29	0,29
16	4000	0,28	0,24	0,30	0,30	0,29

D.3 Tabel daftar nilai TL pada gypsum single sebagai referensi dengan STC 26

No	Frekuensi	TL pada STC-26
1	125	18
2	250	22
3	500	26
4	1000	29
5	2000	27
6	4000	26

D.4. Tabel daftar nilai TL pada gypsum partisi sebagai referensi dengan STC 32

No	Frekuensi(Hz)	TL Ref
1	125	12.5
2	160	11.4
3	200	22.6
4	250	32.7
5	315	36.7
6	400	42
7	500	44.2
8	630	48.4
9	800	53.4
10	1000	56.1
11	1250	57.3
12	1600	57.4
13	2000	55.4
14	2500	45.5
15	3150	43
16	4000	47.4

## LAMPIRAN E

### HASIL PENGOLAHAN DATA

#### 1. PERHITUNGAN $\alpha$

Dalam mendapatkan nilai  $\alpha$  dengan menggunakan persamaan (2.9) yaitu sebagai berikut:

Misalkan:

Pada bahan 1 diketahui pada frekuensi 125Hz nilai SPLmax sebesar 136,42 dB dan nilai dari SPLmin sebesar 120,68 dB.

Jawab:  $L = \Delta \text{SPL} = \text{SPLmax} - \text{SPLmin}$

$$= 136,42 \text{ dB} - 120,68 \text{ dB} = 15,74 \text{ dB}$$

Maka disubstitusi nilai L ke persamaan ini:

$$\alpha = 1 - \left( \frac{\log^{-1}\left(\frac{L}{20}\right) - 1}{\log^{-1}\left(\frac{L}{20}\right) + 1} \right)^2$$

$$\alpha = 1 - \left( \frac{\log^{-1}\left(\frac{15,74}{20}\right) - 1}{\log^{-1}\left(\frac{15,74}{20}\right) + 1} \right)^2$$

$$\alpha = 1 - \left( \frac{6,124 - 1}{7,124 + 1} \right)^2$$

$$\alpha = 0,483$$

Sehingga didapatkan nilai dari  $\alpha$  pada bahan 1 di frekuensi 125Hz adalah sebesar 0,483.

## 2. PERHITUNGAN TL

Setelah melakukan pengambilan data TL. Didapatkan nilai dari SPLsumber dan SPLpenerima. Pada frekuensi 125Hz nilai dari SPLs sebesar 87,10 dB dan SPLp sebesar 68,70 dB. Nilai Waktu dengung yang didapatkan sebesar 0,426 sekon. Dengan volume ruang penerima sebesar 146,076 m<sup>3</sup> dan luas sampel bahan partisi sebesar 174,262 m<sup>2</sup>. Maka nilai TL adalah:

Jawab:

$$A_{rec} = 0,161 \frac{V}{RT} = 0,161 \frac{146,076}{0,426} = 86,56$$

$$TL = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A_{rec}}$$

$$TL = 87,10 \text{ dB} - 68,70 \text{ dB} + 10 \log \frac{174,262}{86,56}$$

$$TL = 21,38 \text{ dB}$$

Sehingga nilai TL pada bahan 2 di frekuensi 125Hz adalah sebesar 21,38 dB.

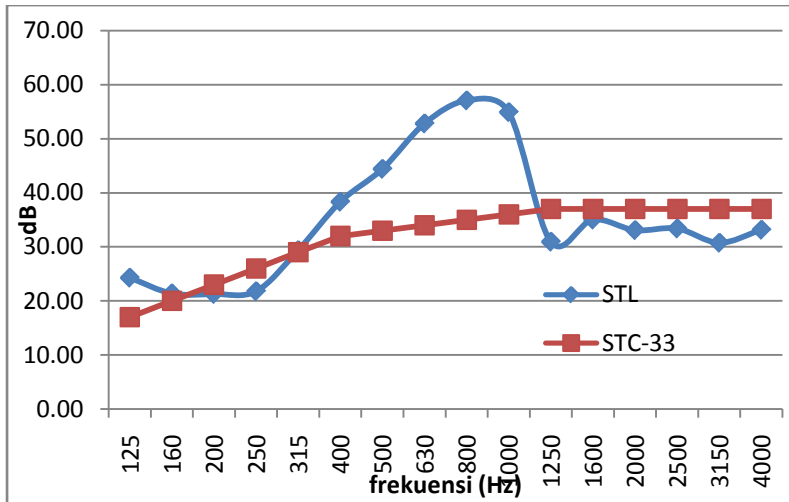
### 3. PERHITUNGAN DAN KURVA STC

#### A. Bahan 2

Tabel E.1. Tabel Perhitungan STC pada bahan 2

STC	F[Hz]	STL	TL ref	STC-N	ASTM
33	125	24.29	-16	17	7.29
33	160	21.38	-13	20	1.38
33	200	21.28	-10	23	-1.72
33	250	21.78	-7	26	-4.22
33	315	29.38	-4	29	0.38
33	400	38.32	-1	32	6.32
33	500	44.41	0	33	11.41
33	630	52.80	1	34	18.80
33	800	57.06	2	35	22.06
33	1000	54.90	3	36	18.90
33	1250	30.94	4	37	-6.06
33	1600	35.03	4	37	-1.97
33	2000	33.08	4	37	-3.92
33	2500	33.39	4	37	-3.61
33	3150	30.75	4	37	-6.25
33	4000	33.15	4	37	-3.85
Jumlah (TL-STC)					-29.25





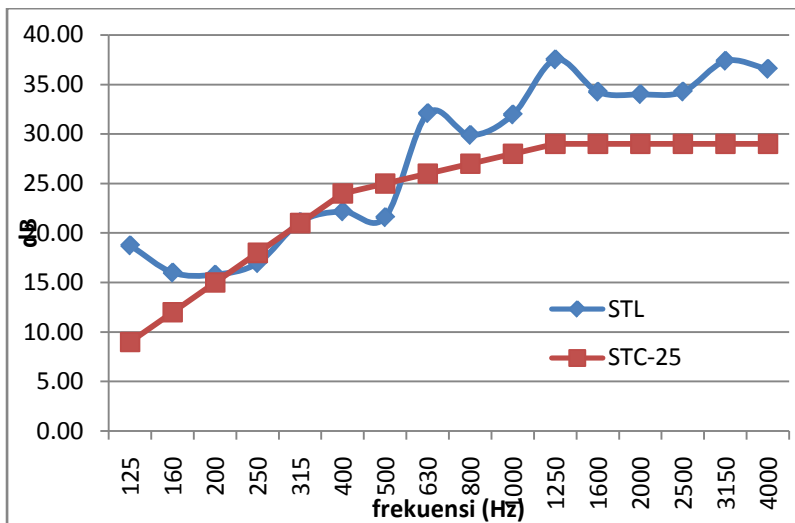
Gambar E.1 Kurva Transmission Loss bahan 2(gypsum 75% dan 25% kulit kerang) STC 33

### B. Bahan 3

Tabel E. 2. Tabel Perhitungan STC pada bahan 2

STC	F[Hz]	SPL	TL ref	STC-N	ASTM
25	125	18.75	-16	9	9.75
25	160	16.00	-13	12	4.00
25	200	15.79	-10	15	0.79
25	250	16.95	-7	18	-1.05
25	315	21.11	-4	21	0.11
25	400	22.18	-1	24	-1.82
25	500	21.59	0	25	-3.41
25	630	32.09	1	26	6.09
25	800	29.89	2	27	2.89
25	1000	31.95	3	28	3.95

25	1250	37.51	4	29	8.51
25	1600	34.25	4	29	5.25
25	2000	34.01	4	29	5.01
25	2500	34.27	4	29	5.27
25	3150	37.37	4	29	8.37
25	4000	36.56	4	29	7.56
Jumlah (TL-STC)					-0.19



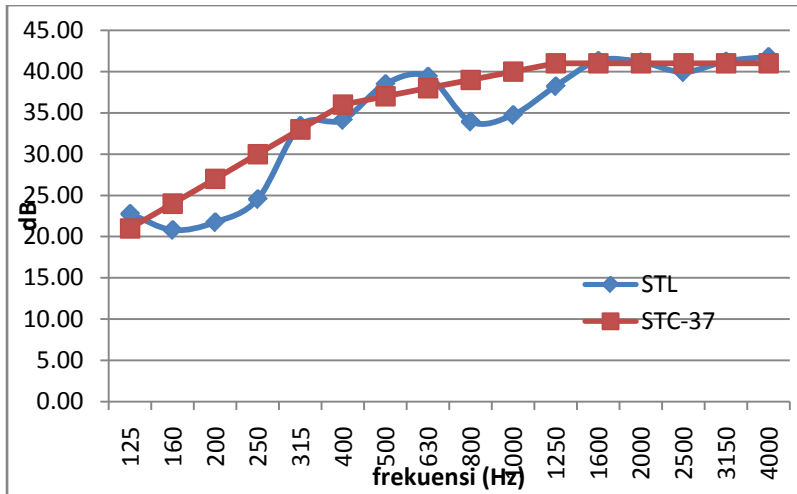
Gambar E.2. Kurva Transmission Loss bahan 3(gypsum 50% dan 50% kulit kerang) STC 35

### C. Bahan 4

Tabel E.3 Tabel Perhitungan STC pada bahan 4

STC	F[Hz]	SPL	TL ref	STC-N	ASTM
37	125	22.75	-16	21	1.75

37	160	20.80	-13	24	-3.20
37	200	21.74	-10	27	-5.26
37	250	24.54	-7	30	-5.46
37	315	33.44	-4	33	0.44
37	400	34.13	-1	36	-1.87
37	500	38.49	0	37	1.49
37	630	39.39	1	38	1.39
37	800	33.94	2	39	-5.06
37	1000	34.74	3	40	-5.26
37	1250	38.22	4	41	-2.78
37	1600	41.31	4	41	0.31
37	2000	41.16	4	41	0.16
37	2500	39.92	4	41	-1.08
37	3150	41.23	4	41	0.23
37	4000	41.78	4	41	0.78
Jumlah (TL-STC)					-29.98



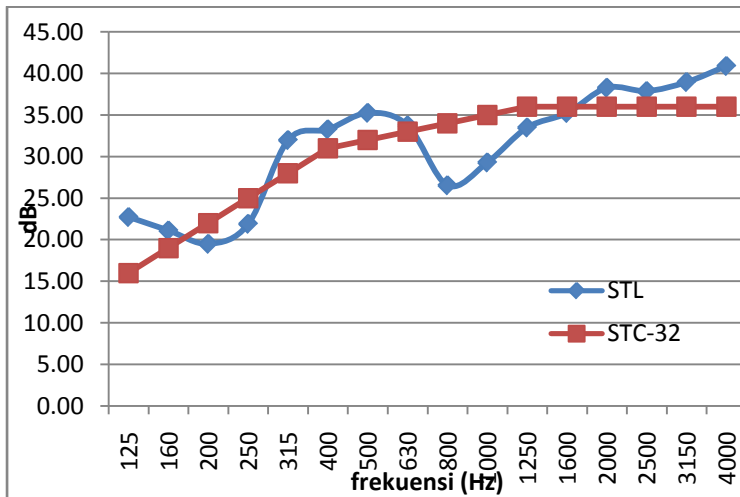
Gambar E.3. Kurva Transmission Loss bahan 3(gypsum 50% dan 50% kulit kerang) STC 37

#### D. Bahan 4

Tabel E.4. Tabel Perhitungan STC pada bahan 5

STC	F[Hz]	SPL	TL ref	STC-N	ASTM
32	125	22.72	-16	16	6.72
32	160	21.10	-13	19	2.10
32	200	19.49	-10	22	-2.51
32	250	21.90	-7	25	-3.10
32	315	31.98	-4	28	3.98
32	400	33.27	-1	31	2.27
32	500	35.25	0	32	3.25
32	630	33.74	1	33	0.74
32	800	26.54	2	34	-7.46

32	1000	29.28	3	35	-5.72
32	1250	33.48	4	36	-2.52
32	1600	35.23	4	36	-0.77
32	2000	38.27	4	36	2.27
32	2500	37.87	4	36	1.87
32	3150	38.95	4	36	2.95
32	4000	40.88	4	36	4.88
Jumlah (TL-STC)					-19.96



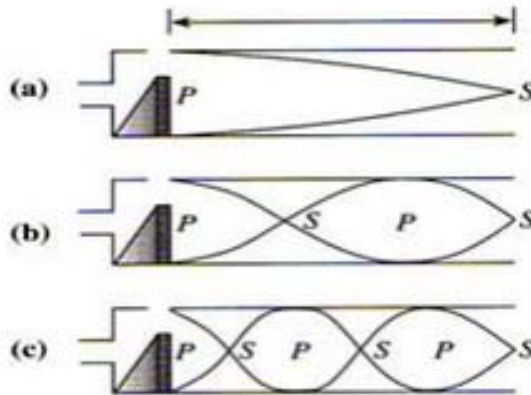
Gambar E.4. Kurva Transmission Loss bahan 3(100% kulit kering)  
STC-32

## LAMPIRAN F

### PIPA ORGANA

#### A. PIPA ORGANA TERTUTUP

Jika ujung pipa organa tertutup, maka pipa organa itu disebut dengan pipa organa tertutup. Pada ujung pipa tertutup, udara tidak bebas bergerak, sehingga pada ujung pipa selalu terjadi simpul. Tiga keadaan resonansi di dalam pipa organa tertutup dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Pola gelombang untuk nada dasar yaitu terjadi 1 perut dan 1 simpul. Panjang pipa sama dengan  $\frac{1}{4}$  (jarak anatar simpul dan perut berdekatan).



1. Dengan demikian,  $L = \frac{\lambda_1}{4}$  atau  $\lambda_1 = 4L$
2. Pola resonansi berikutnya dengan panjang gelombang  $\lambda_3$  disebut dengan nada pertama (b). Ini terjadi dengan menyisipkan sebuah simpul, sehingga terjadi 2 perut dan 2 simpul. Panjang simpul sama dengan  $\frac{3}{4} \lambda_3$ . Dengan demikian

$L = \frac{3}{4} \lambda_3$  atau  $\frac{3}{4} \lambda_3 = \frac{4L}{3}$ . Dan frekuensi nada atas kesatu ini adalah

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_3} = \frac{v}{\frac{4L}{3}} = \frac{3v}{4L} = 3f_1 \dots\dots\dots$$

3. Perhatikan bahwa frekuensi ini sama dengan tiga kali frekuensi nada dasar. Selanjutnya akan diperoleh frekuensi nada dasar atas kedua, yang getarannya pada (C) adalah

$$f_5 = \frac{v}{\lambda_5} = \frac{5v}{4L} = 5f_1 \dots\dots\dots$$

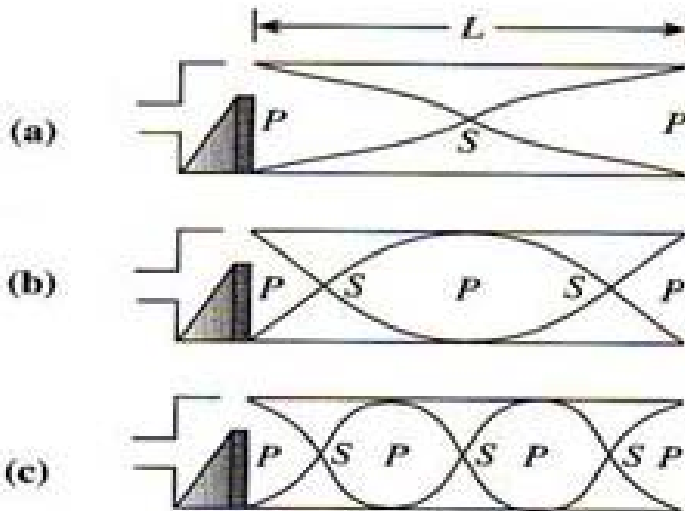
4. Pada organa tertutup hanya harmonik-harmonik ganjil yang muncul. Harmonik kesatu,  $f_1$ ,  $f_3$ ,  $f_5$  dst. Secara umum, frekuensi-frekuensi alami pipa organa tertutup ini dinyatakan oleh:

$$f_n = nf_1 = n \frac{v}{4L} \dots\dots\dots$$

Dengan  $n=1,3,5$

## B. PIPA ORGANA TERBUKA

Jika pipa organa ditutup, maka udara-udara dalam pipa akan bergetar sehingga menghasilkan bunyi. Gelombang yang terjadi merupakan gelombang longitudinal. Kolom udara dapat beresonansi, artinya dapat bergetar. Biasanyaa digunakan pada alat Organa, baik organa tertutup maupun terbuka. Pola gelombang untuk nada dasar ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Panjang kolom udara sama dengan  $\frac{1}{2}$  (jarak antara perut berdekatan).



1. Dengan demikian,  $L = \frac{\lambda_1}{2}$  atau  $\lambda_1 = 2L$

2. Dan frekuensi nada dasar adalah

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L} \dots\dots\dots$$



3. Pada resonansi berikutnya dengan panjang gelombang  $\lambda_2$  disebut dengan nada dasar pertama, ditunjukkan pada gambar (b). Ini terjadi dengan menyisipkan sebuah simpul, sehingga terjadi 3 perut dan 3 simpul Panjang pipa sama dengan  $\lambda_2$ . Dengan demikian,  $L=\lambda_2$ . Maka frekuensi nada atas kesatu adalah

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{L} = 2 \times \frac{v}{2L} = 2f_1 \dots\dots\dots$$

4. Untuk persamaan frekuensi pipa organa terbuka sama untuk frekuensi tali yang terikat kedua ujungnya. Maka persamaan umum frekuensi alami atau frekuensi resonansi pipa organa harus sama dengan persamaan umum untuk tali yang terikat kedua ujungnya yaitu:

$$f_n = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{L} = n \times \frac{v}{2L} = 2f_1 \dots\dots\dots$$

Dengan  $v$ = cepat rambat bunyi dalam kolom udara dan  $n=1,2,3,\dots$ . Jadi, pipa organa terbuka semua harmonic (ganjil dan geap) muncul dan frekuensi harmonic merupakan kelipatan bulat dari harmonic kesatunya.

## BIODATA PENULIS



Penulis “Margiasih Putri Liana” merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir di Kediri, 08 Maret 1993. Penulis telah menempuh pendidikan pertama di Taman Kanak-kanak Dharma wanita II Kepung 1998-1999. Kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Kepung II pada tahun 1999-2005. Setelah itu menempuh Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 2 Pare Kediri pada tahun 2005-2008. Melanjutkan di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 2 Pare Kediri pada tahun 2008-2011. Lalu melanjutkan pendidikan S1(Strata-1) di jurusan Fisika FMIPA ITS melalui jalur SNMPTN Undangan Beasiswa pada tahun 2011. Selama menjalani jenjang S1, penulis juga ikut serta dalam kegiatan organisasi intra kampus, menjabat sebagai staff Sosmas(Sosial Masyarakat) Himpunan Mahasiswa Fisika ITS periode 2012-2013 dan Kepada Departemen SosMas periode 2013-2014, Staff Ahli PSDM BEM FMIPA ITS periode 2012-2012. Disamping itu, penulis Juga menjadi peserta pelatihan Managemen (LKMM) dari LKMM Pra-TD(2011), LKMM TD(2012), dan PP-LKMM(2012). Sehingga penulis juga menjadi pemandu LKMM TD dan Pra-TD tingkat Himpunan(HIMASIKA dan HIMASISKAL) serta di BEM FMIPA. Selain aktif di organisasi penulis juga menjadi Asisten Laboratorium Elektorika Dasar I dan II(2013-2014), Asisten Fisika Laboratorium(2014), dan Asisten Laboratorium Fisika Dasar II(2015). Selain organisasi, pelatihan, dan asisten, penulis juga aktif dalam menulis karya ilmiah maupun perlombaan Technopreneurship. Karya Ilmiah yang diikuti perlombaan

dalam ajang PKM DIKTI yaitu sebanyak(1 PKM-K, 2 PKM-P, 3 PKM-KC dan 1 PKM-M). Pada tahun 2013, Penulis mendapat kesempatan menjadi peserta PIMNAS(Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional-DIKTI) dengan alat TOP(Toilet Otomatis Pasien) bersama team. Tak hanya karya ilmiah, karya berbasis technopreneur penulis mendapat juara 1 dalam bidang "The best Technological Innovation Technopreneur" pada ajang RAMP-IPB. Sekarang penulis sedang aktif melakukan kegiatan pengabdian masyarakat di daerah Jawa dan Nasional yang mengangkat tema tentang "fisika pertanian"

Harapan besar penulis adalah bisa generasi penerus "FISKA" mau dan mampu melanjutkan jejak prestasi yang telah ditorehkan oleh kakak tingkatnya terdahulu. Apabila dari teman-teman ingin bertanya, sharing dan kerjasama. Penulis dapat dihubungi pada ([amma.margiea@gmail.com](mailto:amma.margiea@gmail.com))